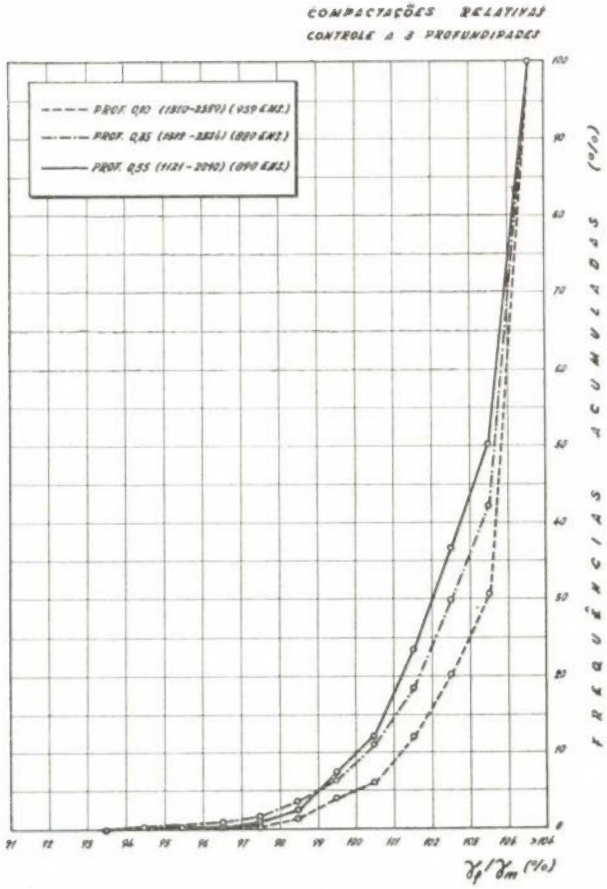


Fig. 5.4

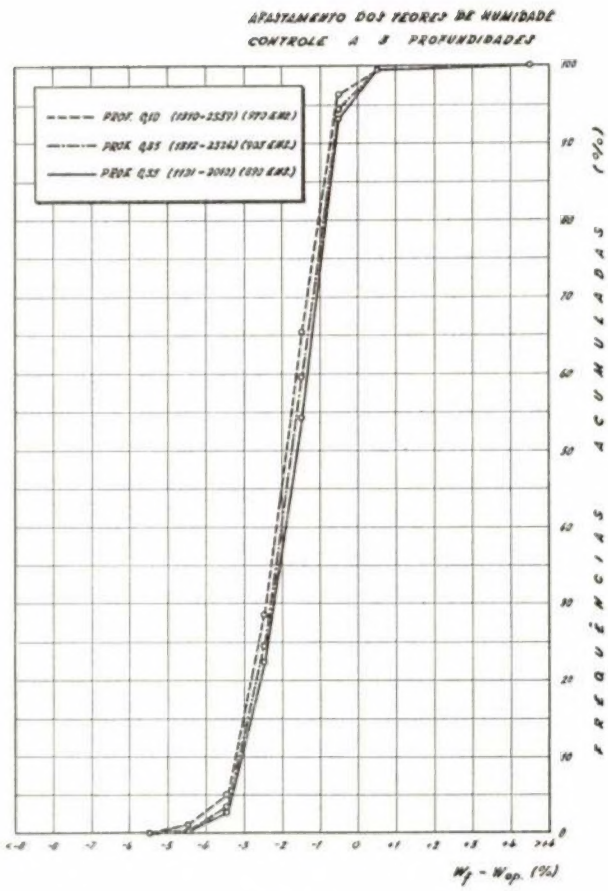


Fig. 5.5

ordem a se ser conduzido ao conhecimento do coeficiente k da lei de Darcy postula que o gradiente hidráulico instalado seja devido exclusivamente a forças gravíticas. Admite-se também que a uma distância muito grande do furo, da ordem de 1000 vezes o raio, a pressão na água é nula. Como se vê, a mais discutível destas postulações é a primeira por implicar a não consideração da parcela do gradiente hidráulico que é causada por tensões neutras negativas instaladas no meio em que se dá a percolação. Ora é óbvio que essas tensões neutras negativas, ou sucções, serão relativamente elevadas. Mas isto implica que os resultados a que por esta via se é conduzido estão do lado da segurança. De qualquer forma seria excessivamente conservativo basear o controle só nestes dados. Acontece porém que tudo indica que, mantendo-se a granulometria, o teor de humidade de colocação e a compactação relativa, o ensaio de absorpção «in situ» seja passível de aferição por comparação com ensaios laboratoriais.

Nos ensaios laboratoriais a permeabilidade foi determinada a partir de amostras indeformadas, montadas em câmaras triaxiais de 8'' e sujeitas a uma pressão de confinamento, σ_3, substancialmente superior à carga hidráulica no extremo de alimentação em água das amostras. As amostras eram inicialmente saturadas para eliminar as tensões neutras negativas. A fig. 5.6 mostra as distributivas dos ensaios de determinação da permeabilidade «in situ» e em laboratório. Como dos resultados apresentados se depreende os valores de campo são em média 15 vezes superiores aos de laboratório. O que quer dizer que os ensaios de absorpção conduziram, para o terreno em estudo e para as condições de compactação realizadas, a valores que devem ser cerca de 15 vezes superior aos reais.

Na zona central da barragem, constituindo de certo modo um núcleo, dispuzeram-se xistos mais alterados e algumas argilas ocorrentes nas proximidades das manchas. Esta zona foi controlada, do ponto de vista de permeabilidade, com

dist. Belarte

... mas é um dos grandes da nossa série de fabrico de motores trifásicos

AEG

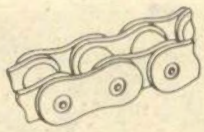
Era impossível ser o maior, pois é V. que determina a sua grandeza. Nós dimensionamos o motor conforme às necessidades. Poderá ser um motor de 3000 kW, 5000 kW ou mais. Ao comprar-se um motor AEG, não se adquire sòmente o motor em si, como também uma experiência comprovada ao longo de largos anos. Tipo de protecção: P23 W. Os nossos motores são à prova de intempéries, com refrigeração interna. Esta protecção é conseguida à custa da forma da sua carcaça, a qual protege todas as peças activas do motor contra os efeitos prejudiciais da entrada de água e de corpos estranhos, através dum isolamento dos enrolamentos, insensível à acção da humidade, por pintura à prova de intempéries e dum filtro de ar incorporado.

A AEG projecta e fornece motores de accionamentos trifásicos destinados a qualquer ramo de indústria e a qualquer solicitação, como p. ex., rápida intermutabilidade, ligação directa, arranque difícil, comutação da rede, bem como recuperação da velocidade nominal de rotação em carga, a quando de quedas de tensão.

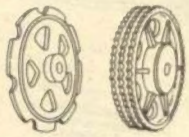
Os nossos engenheiros estão ao v/ inteiro dispor para eventuais esclarecimentos.

AEG-LUSITANA DE ELECTRICIDADE

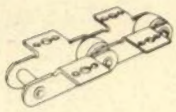
Mais de 1000 produtos **RENOLD** da maior organização mundial no fabrico de correntes de precisão



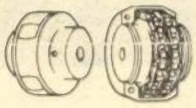
CORRENTES DE TRANSMISSÃO
De ¼" até 5" segundo as normas BS, DIN, AFNOR, ASA e API.



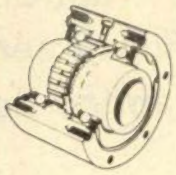
RODAS EM DEPOSITO
para uso com correntes RENOLD de transmissão e de transportadores.



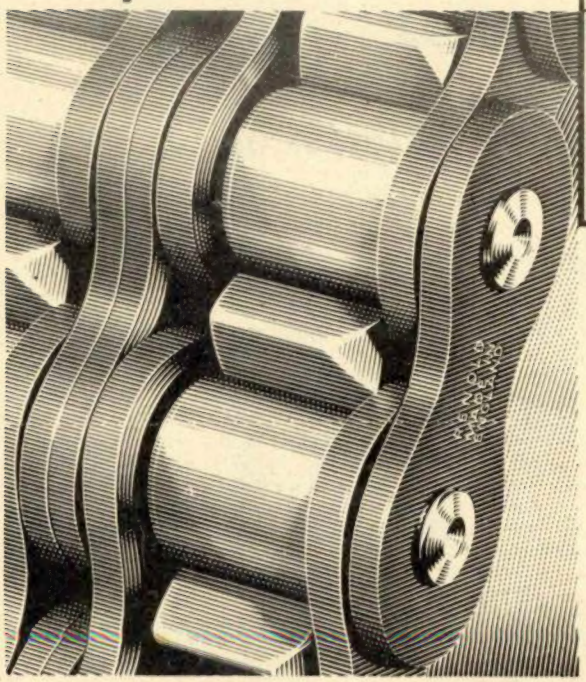
CORRENTES NORMAIS PARA TRANSPORTADOR
com adaptações para todos os fins. Gama 1.360 kg (3.000 libras) a 38.560 kg (85.000 libras).



UNIÕES DE ACOPLAMENTO
por Corrente, Cruzeta de Borracha e Disco Flexivel até 2.500 CV.



EMBRAIAGENS
para rotação livre, movimento divisor e sem retrocesso.



Para informações ou fornecimentos, escreva, visite ou telefone:

HARKER, SUMNER & Ca., Lda.

PORTO: **38, Rua de Ceuta, 48**
Apartado No. 162
Tel: 27054-P.P.C. (4 linhas)

LISBOA-2: **14, Largo do Corpo Santo, 18**
Tel: 324823-35124

RENOLD LIMITED · SALES DIVISION
MANCHESTER · ENGLAND

critérios ainda mais apertados. Além dos ensaios de absorpção em furos curtos e de ensaios de laboratório, efectuaram-se ensaios de absorpção a partir de sondagens com cerca de 50 m de comprimento, com injecção de água por troços. Isto é, injectaram-se em separado diversos troços de cada sondagem, limitados superior e inferiormente por obturadores. Os resultados obtidos confirmaram os resultados que haviam sido determinados pelos outros métodos mencionados.

As características de corte foram controladas por ensaios de compressão triaxial conduzidos sobre amostras indeformadas de 8'' de diâmetro. Extractores especiais de aço que vão sendo libertados do contacto com o terreno pelo exterior, são cravados no terreno, por meio de macacos, para obter estas amostras.

Também se ensaiaram algumas amostras compactadas em laboratório a partir de material a granel colhido nos aterros, com teor de humidade e compactação relativas iguais às médias das conseguidas em obra.

As amostras foram prèviamente saturadas e, durante os ensaios, efectuaram-se leituras das tensões neutras desenvolvidas. A fig. 5.7 resume os resultados obtidos, em termos de tensões efectivas.

Mesmo para solos que não possuam elementos tão grosseiros como os solos residuais, de alteração não muito avançada, é de notar que as dispersões de características exibidas por solos ocorrentes até em manchas aparentemente de homogeneidade razoável, a que se somam as dispersões de fabrico, podem dar origem a apreciáveis flutuações nas características mecânicas. Por isso, mesmo em solos finos, não é de fiar a segurança da obra dos estudos laboratoriais prévios de determinação de caraterísticas mecânicas. Ensaios de controle, sobretudo de corte e de permeabilidade, impõe-se que vão acompanhando a construção dos aterros. É óbvia a vantagem, do ponto de vista da sua representatividade, de efectuar esses ensaios «in situ». Os ensaios de absorpção de água usando as técnicas mencionadas de absorpção a partir de furos curtos afiguram-se bastante úteis para informar sobre a permeabilidade «in situ», apesar das reservas que lhes podem ser feitas e que foram mencionadas. Quanto às características de corte, é evidente que os ensaios conduzidos sobre amostras

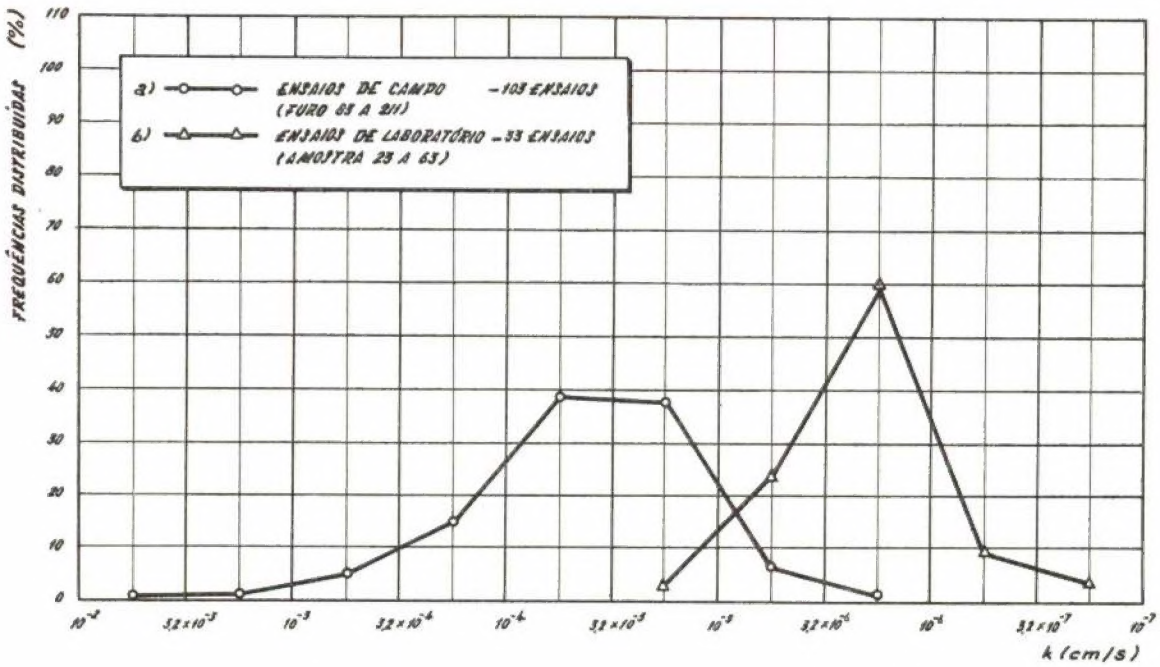


FIG. 5.6 – ANÁLISE ESTATÍSTICA COMPARATIVA DOS RESULTADOS DOS ENSAIOS LABORATORIAIS E DE CAMPO

indeformadas colhidas nos aterros podem fornecer informações muito úteis. Mas a operação de colheita de amostras é bastante delicada e presta-se a introduzir alterações muito acentuadas na estrutura do solo amostrado. Sobretudo para solos contendo elementos grossos sente-se a necessidade de efectuar ensaios «in situ», sobre blocos de dimensões razoáveis, que dêem a garantia de manter a compacidade e a estrutura do solo compactado «in situ». Um processo que algumas vezes tem sido tentado em Portugal é realizar ensaios de corte sobre blocos isolados no maciço, dentro de quadros metálicos rígidos, blocos que são levados à rotura por meio da actuação de dois macacos, um trabalhando na vertical e outro na horizontal. É evidente que neste ensaio de corte não é fácil impor condições de saturação e de drenagem. Ele é comparado por isso a ensaios triaxiais de laboratório, conduzido sobre amostras indeformadas colhidas nos aterros, em que se determinam resistências ao corte em termos de tensões totais para amostras não saturadas. Tem-se aceitado que se houver concordância nestas condições é de presumir que continuará a haver concordância nas condições subsequentes. Quer dizer, admite-se que se as amostras indeformadas não saturadas dão resultados em termos de tensões totais que coincidem com os determinados «in situ», podem as amostras ser consideradas representativas. A partir delas poder-se-á por isso estudar as características dos aterros reais, após saturação, em termos de tensões efectivas.

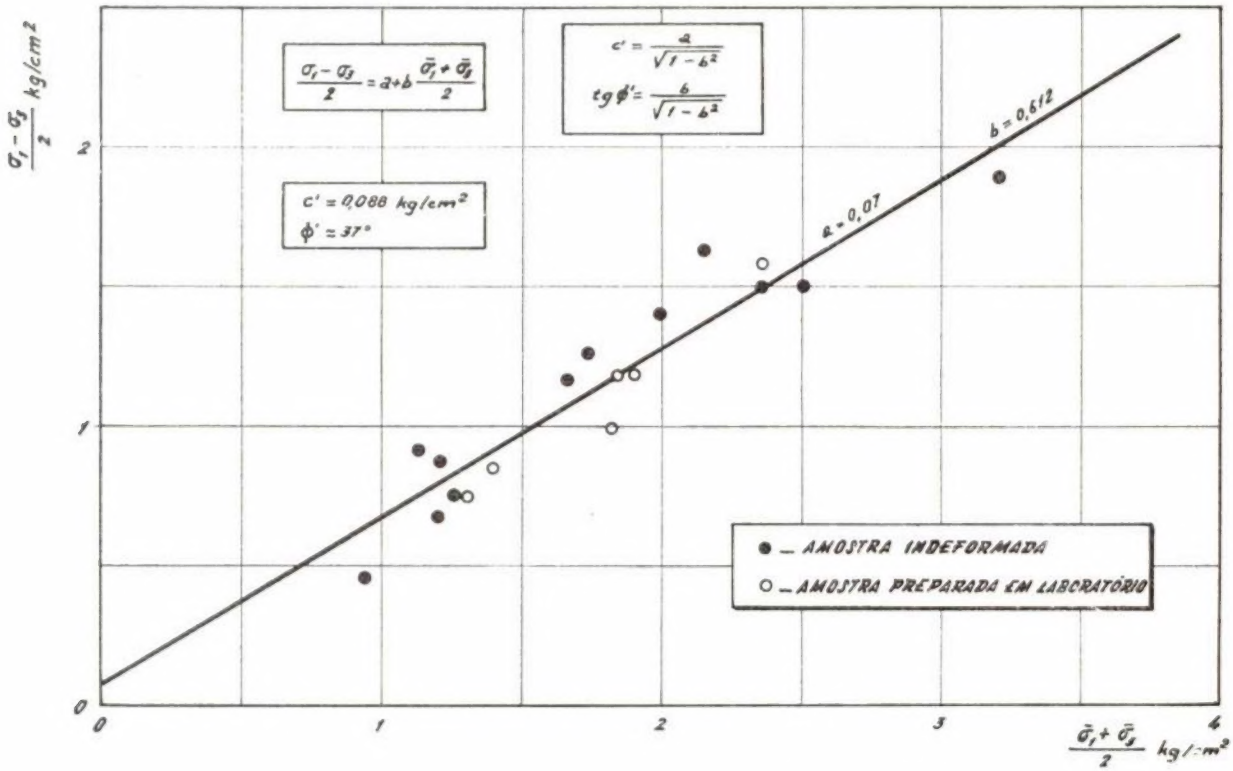


FIG. 5.7 - ENSAIO DE COMPRESSÃO TRIAXIAL

Se não houver concordância, há em regra que aprimorar as condições de colheita das amostras indeformadas. Muitas vezes as operações de colheita conduzem a grandes remeximentos das amostras por se tentar colher corpos de prova de dimensão pequena em comparação com as dimensões dos elementos grosseiros existentes no solo. É para obviar a este inconveniente que se tem tendido para aumentar o diâmetro dos aparelhos de compressão triaxial em uso em muitos laboratórios. Em Portugal, como já houve ocasião de referir, não se dispõe de equipamento para ensaiar amostras de diâmetro superior a 8". E mesmo esta dimensão de provetes já conduz a ensaios extremamente dispendiosos e morosos, o

que justifica esforços para averiguar cuidadosamente, na fase inicial da obra, se o controle pode ser feito usando amostras de menores dimensões.

6 — CONTROLE DE COMPACTAÇÃO; PROCESSOS DE CONTROLE, MÉTODOS DIRECTOS E INDIRECTOS. A CONSTRUÇÃO NO «LADO SECO» E NO «LADO HÚMIDO»

Por compactação entende-se a acção mecânica de levar um solo a um certo arranjo estrutural que lhe confira adequadas características de resistência como material de constituição de um aterro. Para uma dada quantidade de energia consumida na compactação da unidade de volume de um dado solo, obtém-se a compacidade máxima se a compactação for efectuada com um teor de humidade adequado. Quer dizer que há um teor de humidade *óptimo*, para cada quantidade de energia de compactação, que conduz à compacidade máxima. Usando para medir a compacidade o «peso específico seco» (peso de material sólido contido na unidade de volume do solo) resulta que as curvas «peso específico seco» — «teor de humidade» apresentarão um máximo para o teor de humidade óptimo (fig. 6.1). E, como é evidente, a cada energia de compactação por unidade de volume corresponderá uma curva peso específico seco-teor de humidade.

Em termos práticos acontece que um dado equipamento de compactação, por exemplo, um cilindro de pés de carneiro de 4 toneladas, só é eficaz até dispender uma certa quantidade de energia compactiva por unidade de volume do solo. Atingida a quantidade de energia que tem influência em re-arranjos estruturais, e que é determinada sobretudo pelo peso do cilindro, o efeito compactivo do cilindro deixa de ser eficaz. Só é eficaz a energia consumida em processos *dissipativos* que ocorrem na massa do solo compactado: portanto em processos ligados a deformações viscosas e plásticas do «esqueleto» do solo que se traduzem por deformações irreversíveis. Toda a energia que conduza a deformações reversíveis é dissipada, como é óbvio, externamente à massa do solo e não tem efeitos compactivos. O peso do cilindro é determinante do nível energético a que se estabelece o patamar na curva «energia total dispendida» — «compacidade». Quer dizer, para um dado cilindro a compacidade cresce inicialmente muito acentuadamente com o número de passagens do cilindro e tende depois para um patamar que corresponde a um regime em que o acréscimo do número de passagens causa acréscimos desprezáveis de compacidade. Cada equipamento de compactação tem assim uma

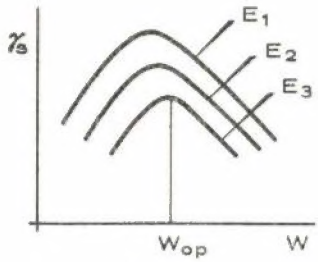


Fig. 6.1

energia de compactação que lhe corresponde como limite eficaz. Dispêndio de maior energia com esse equipamento de compactação é dispêndio pràticamente em pura perda, pois não haverá contra-partida em acréscimo de compacidade do solo a compactar.

É assim possível estabelecer uma correspondência entre «equipamento de compactação» e «energia de compactação». A fig. 6.1 é portanto válida para descrever o comportamento de diversos equipamentos de compactação, cada curva sendo representativa de um dado equipamento.

São grandes as repercussões nas características mecânicas do solo compactado se a sua compactação não for levada até perto do máximo, ficando quer muito à esquerda — lado seco — quer muito à direita — lado húmido.

Vejamos sumàriamente quais as principais consequências de deficiente compactação. Porque o conceito de «tensão efectiva» anda estreitamente envolvido nesta problemática, começaremos por ràpidamente recordar o princípio da tensão efectiva. Considere-se, como situação mais simples um solo *saturado*. Há portanto só duas fases: a fase sólida, conjunto de partículas formando um «esqueleto», e a fase líquida constituída por água que totalmente preenche os poros deixados entre si pelas partículas sólidas.

Considere-se uma secção S num elemento de solo em que actua a força total F, isto é, seja F a reacção total de uma parte do maciço sobre

outra parte separada da primeira pela secção S. Uma parcela da força F será transmitida por contacto entre partículas, $\bar{F}$, e outra parte pela fase líquida, F_u.

$$F = \bar{F} + F_u$$

Tomando forças unitárias em relação à unidade de superfície *total* vem

$$\frac{F}{S} = \frac{\bar{F}}{S} + \frac{F_u}{S}$$

$$\sigma = \bar{\sigma} + u$$

em que $\bar{\sigma}$ se designa por *tensão efectiva* e *u* por *pressão neutra, pressão intersticial* ou pressão na água dos poros.

Acontece nos solos naturais que a área de contacto entre partículas é pràticamente nula, isto é, os contactos são pràticamente pontuais. Por isso a área total coincide com boa aproximação com a área ocupada pela fase líquida numa secção. Isto justifica que o valor de *u* acima definido coincida com a pressão instalada de facto na água interesticial. Mas já o valor $\bar{\sigma}$ não corresponde a tensões instaladas nos contactos entre partículas que assumem na realidade valores elevadíssimos. A tensão efectiva é por isso uma grandeza «emblemática» que só corresponde à realidade física compreendida dentro do contexto expresso acima: forças transmitidas pelos contactos sólidos tomados em relação à unidade de superfície total.

Se num elemento de solo sujeito a forças exteriores, F_{ext}, considerarmos também a resultante das forças atractivas entre partículas, F_A, e das forças repulsivas entre partículas, F_R, virá

$$F_{ext} = F_A + F_R + F_u$$

e porque a resultante das forças efectivas é

$$\bar{F} = F_{ext.} - F_u$$

virá

$$\bar{F} = F_A + F_R$$

o que significa que as forças efectivas medem a diferença entre forças atractivas e repulsivas inter-partículas. De certo modo, portanto, traduzirão o comportamento do solo, o que justifica a designação de «efectivas», no sentido de serem forças que provocam «efeitos». Mas é de notar que esta asserção só pode ser aceite para uma estreita gama de valores F_A e F_R. De facto o comportamento de um solo argiloso só secundàriamente será determinado pela diferença entre F_A e F_R, dependendo sobretudo do valor *absoluto* destas forças. Mas numa gama estreita de índices de vazios de um dado solo, e consequentemente para um *nível quase constante* das grandezas F_A e F_R, pode-se aceitar que as forças efectivas acima definidas de facto governem o comportamento do solo.

Passando agora a referir novamente *tensões* efectivas e não *forças* efectivas, nenhum óbice há a pôr ao seu conteúdo em sentido por serem tensões fictícias, como ficou explicado, pois que elas medem adequadamente as forças efectivas por ser

$$\bar{F} = \bar{\sigma} \cdot S$$

Para o caso de $F_{ext.} = O$ vem

$$\bar{F} = - F_u$$

Isto significa que para poder conceber $\bar{F}$ como não nulo será necessário que, mesmo sem forças exteriores, haja pressões instaladas na água dos poros. Como é fácil de ver não se podem conceber situações de equilíbrio estável (em maciços drenados) com F_u positivo, donde se conclui que a situação descrita só é aceitável com F_u negativo.

Esta via conduz ao conceito de tensão neutra negativa, conceito que desempenha papel muito importante na problemática dos solos não-saturados. É com efeito nestes solos que, tendo origem em forças instaladas nas películas de interface de água adsorvida — ar dos poros, mais fàcilmente se pode visualizar a existência de tensões neutras negativas. Elas gerarão assim um campo de forças que se adicionarão às forças exteriores (se estas existirem) dando origem, como reacção, às forças efectivas.

Mas, se as possibilidades de aplicação quantitativa, em solos saturados, do princípio da tensão efectiva não parece oferecer dificuldades de monta, o mesmo não poderá ser dito em relação aos solos não-saturados. É de notar que não se está a fazer menção a quaisquer reservas refe-

rentes ao sentido físico básico do princípio da tensão efectiva. De facto este assunto é matéria controvertível, mas pelo menos como primeira aproximação e *no que se refere a solos saturados*, há evidência experimental que mostra o seu cabimento na descrição do comportamento de solos. Em relação a solos não-saturados as objecções que podem ser levantadas são sobretudo de ordem prática. Em esquema, a Física dos Solos de primeira aproximação que parece bastar para basear a interpretação dos fenómenos envolvidos ao nível dos conhecimentos necessários para aplicações de fins práticos, parece igualmente aplicável a solos não-saturados. Atente-se porém a que, como ficou dito, em meios saturados basta subtrair às tensões intersticiais as tensões totais para se ter tensões efectivas, operantes na explicação, previsão e domínio do conhecimento do comportamento dos solos numa certa gama de índices de vazios. Será possível *medir* uma tensão intersticial em meios não saturados que, com facilidade, nos leve ao conhecimento da tensão efectiva? É possível medir, por observação instrumental directa, a pressão instalada nas camadas menos fortemente adsorvidas da água que envolve as partículas. Aceitemos também que é possível medir a pressão instalada no ar ocluso nos poros. Mas a água adsorvida terá fortes gradientes de pressões, assumindo estas valores muito altos quando diminui a distância à inter-face partícula — água absorvida. É óbvio que a leitura instrumental de pressões instaladas na água dos poros não fornece todos os dados necessários para determinar esse estado de tensão variável com a distância à partícula, nem sequer, mais modestamente, o valor médio da pressão instalada na água. Tudo leva a crer que, pelo menos com a instrumentação de aplicação relativamente fácil que é viável em laboratórios de Mecânica de Solos, só se possa ter informação sobre a pressão instalada nas camadas de água mais afastadas das partículas. Bastará essa informação para poder deduzir o estado de tensão efectiva? Parece que é este um tema de investigação que hoje tem de se considerar ainda em aberto. Como já ficou dito é ele o assunto de um trabalho de pesquiza que se inclui nos programas de trabalho do Laboratório Nacional de Engenharia Civil.

De qualquer forma, mesmo que se conclua que o domínio quantitativo possível sobre o conhecimento das tensões neutras é bastante precário, nem por isso deixarão de ter sentido, em termos qualitativos, os seguintes enunciados:

— tensões neutras positivas são detrimentais para a resistência e rigidez dos solos por fazerem diminuir as tensões efectivas, isto é, as forças que pressionam as partículas umas de encontro às outras.
— tensões neutras negativas têm como contrapartida forças inter-partículas que se adicionam às forças efectivas oriundas de outras causas, aumentando a resistência e rigidez dos solos.

À luz dos conceitos expostos torna-se mais fácil visualizar as consequências detrimentais de deficiente compactação, causada por se ter adoptado um teor de humidade por defeito — «lado seco» — ou por excesso — «lado húmido».

No «lado húmido», por serem pequenas, em valor absoluto, as tensões neutras negativas, é grande a deformabilidade do «esqueleto». Este facto, associado ao elevado grau de saturação, faz com que pequenas deformações anulem as tensões neutras negativas e mesmo, com muita facilidade façam com que as tensões neutras assumam valores positivos. É esta uma situação que pode ocorrer mesmo em fase da obra, sobretudo quando a velocidade de crescimento do aterro é elevada. Com os actuais equipamentos de estaleiro é uma situação que tem de ser encarada, se se adoptar um teor de humidade de colocação de terras em obra que fàcilmente possa ultrapassar o teor «óptimo».

No «lado seco», em consequência das tensões neutras negativas instaladas, é pequena a deformabilidade do «esqueleto» e grande a resistência ao corte do solo. Mas, sobretudo para o maciço de montante, quando a albufeira entra em represamento, a molhagem do solo vai tender a anular as tensões neutras negativas. Dá-se assim, simultâneamente, um aumento da deformabilidade do «esqueleto» e do grau de saturação do maciço. Para um terreno compactado *muito* do lado seco esta situação levaria a um *colapso* da estrutura que induziria tensões neutras *positivas* mais elevadas do que aquelas que se instalariam se a compactação se tivesse efectuado no «lado húmido». Mas para um terreno compactado *ligeiramente* do lado seco a deformabilidade do

«esqueleto», mesmo após molhagem, parece que não será tão elevada como a do terreno compactado do «lado húmido», ou mesmo no «óptimo». Por isso não serão tão elevadas as tensões neutras induzidas como consequência da molhagem. Isto equivale a dizer que parece possível definir um outro teor de humidade óptimo de compactação, referido não à compacidade máxima, mas sim à *deformabilidade mínima* do «esqueleto».

Para ilustrar os pontos de vista expostos haverá interesse em ràpidamente discutir como se comparam os comportamentos, após *saturação*, de dois solos compactados com o mesmo peso específico aparente seco, mas um do lado seco e outro do lado húmido do óptimo de teor de humidade que conduz à compacidade máxima — pontos A e B (fig. 6.2). Para a grande maioria dos solos o comportamento em termos de extensão-tensões tangenciais será do tipo do indicado na fig. 6.2. As resistências finais ao corte serão idênticas mas os solos compactados no lado seco serão muito menos deformáveis no início do diagrama.

Portanto, para tensões que distem substancialmente das de rotura — da ordem de grandeza das que se instalam nos maciços reais — as deformações correntes são menores para solos compactados do lado seco. Isto, insiste-se, mesmo após saturação dos corpos de prova. Quer dizer que existem «memorizações» estruturais no processo de compactação, determinadas pelo teor de humidade, que a saturação posterior não destrói.

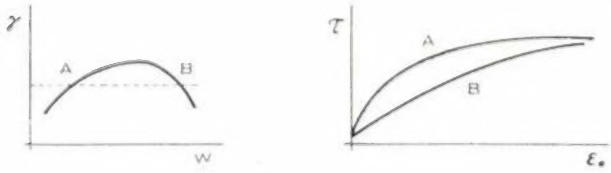


Fig. 6.2

Depreende-se do que ficou exposto que é muito importante controlar a construção de aterros de forma a garantir que a compacidade é próximo da máxima e que o teor de humidade de colocação não se desvia muito do óptimo. É-se assim conduzido a introduzir duas grandezas de controle: compactação relativa, relação entre o peso específico aparente obtido e o peso específico máximo, $\frac{\gamma_s}{\gamma_{s\,máx}} \times 100$; desvio do teor de humidade, diferença entre o teor de humidade realizado e o óptimo, $w - w_{ópt.}$.

Para determinar estas grandezas, no caso simples de solos desprovidos de elementos grosseiros, usa-se como padrão $\gamma_{s\,máx.}$ e $w_{ópt.}$ determinados por compactação em moldes usando uma energia de compactação, por unidade de volume, que se repute adequada para reproduzir a «energia eficaz» do equipamento que se antevê utilizar. Determina-se γ_s e w nos aterros, em regra por métodos directos. Para determinação de γ_s efectua-se a abertura de covas com passagem do material retirado e medição do volume de cada cova por substituição por areia calibrada ou por um líquido introduzido no interior de uma membrana deformável. Para a determinação de w efectua-se, nos métodos clássicos, a secagem em estufa, o que acarreta o inconveniente de se ter de esperar algumas horas para conhecer o resultado. Esta demora é em regra incompatível com o ritmo de trabalho de uma obra dotada de suficiente equipamento de construção. Por isso tem-se procurado desenvolver métodos rápidos de controle. Referir-se-ão só alguns que se reputam de maior interesse.

Encontram-se já há anos comercializados equipamentos para determinações de pesos específicos e teores de humidade por métodos não destrutivos merecendo especial menção os métodos em que se utilizam raios γ para determinação de pesos específicos, e neutrões para determinação de teores de humidade.

A dispersão de raios γ num meio é condicionada pela densidade deste. Colocada uma fonte de raios γ no seio do maciço de forma a que a radiação não possa atingir directamente um contador Geiger, virá que a intensidade de radiação que atingir o contador, após difusão no meio, é proporcional à densidade deste.

A dispersão de neutrões num meio é condicionada pelo número de partículas de hidrogénio nesse meio existentes. Colocada uma fonte de neutrões no seio de um maciço, a intensidade de radiação que atingir um contador pode portanto dar indicação sobre o número de partículas H e indirectamente sobre o teor em água existente no meio.

Outro método, que em Portugal já houve ocasião de tentar, é o da resistividade. Baseia-se o método na circunstância de, para peso específico

constante, a resistividade dos solos, na gama dos teores de humidade relativamente baixos, ser fortemente dependente do teor de humidade. Pode portanto, para cada solo, estabelecer-se uma família de curvas de variação da resistividade com o teor de humidade; cada curva da família corresponderá, como é evidente, a um peso específico. O controle efectuar-se-á nas seguintes etapas:

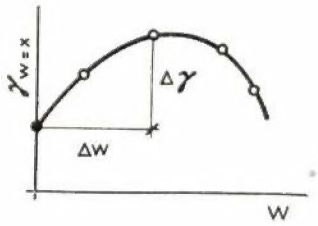
— Determinação da família de curvas correspondentes ao solo em questão.
— Para cada controle, efectuar-se-á a determinação do peso específico pelo método directo, fornecendo imediatamente a família de curvas o teor de humidade correspondente.

O maior inconveniente destes métodos, quer os de raios γ e neutrões, quer o de resistividade, reside no grande número de calibrações a que frequentemente se é obrigado a proceder para conseguir boas indicações. Mesmo com calibrações numerosas e frequentes, de todos estes métodos temos experiência em Portugal com resultados que não se podem considerar muito animadores. É necessário porém sublinhar que todas as tentativas efectuadas tiveram como objectivo solos contendo grande percentagem de elementos grosseiros, circunstância que muito deve contribuir para elevadas dispersões de resultados. E o próprio estabelecimento de padrões de comparação em solos do tipo dos mencionados, depara com dificuldades evidentes.

Um muito conveniente método de controle é o método de Hilf. Expondo-o muito sucintamente, consiste o método em (fig. 6.3), após determinação do peso específico de uma amostra do terreno, com teor de humidade desconhecido, recompactá-la sucessivamente dando-lhe acréscimos *conhecidos* de humidade. Referindo os pesos específicos obtidos ao teor de humidade inicial obtém-se a curva indicada que é uma curva de pesos específicos a teor de humidade constante. Atente-se em que a curva de pesos específicos *secos* também é uma curva de teor de humidade constante, que no caso vertente é 0. Pois bem, no método de Hilf o teor de humidade não é 0, mas sim o teor de humidade desconhecido x. Tenha-se presente que o peso específico húmido relaciona-se com o peso específico seco por

$$\gamma_h = \gamma_s (1 + W)$$

Ora se w for constante (no caso do método de Hilf uma constante de valor desconhecido x), γ_h obtém-se de γ_s por multiplicação por uma constante. A curva de variação de γ_h com o teor de humidade de *preparação* (que não é w, note-se bem, pois w é o teor de humidade de referência, que se toma constante), tem o mesmo andamento da curva de variação do γ_s: os seus máximos têm a mesma abcissa, e pontos homólogos das duas curvas têm òbviamente a mesma relação de ordenadas. Por isso a compactação relativa pode ser deduzida da grandeza $\Delta\gamma$ e o desvio do teor de humidade da grandeza Δw (fig. 6.3).



$$\frac{\gamma_s}{\gamma_{s\,max.}} = K_1 \Delta\gamma$$

$$W - W_{op} = K_2 \Delta W$$

Fig. 6.3

Como por mais de uma vez tem sido apontado, o controle de compactação de solos contendo elementos de grandes dimensões põe diversas dificuldades, as principais relacionadas com a dimensão do molde e com a energia total de compactação que têm de ser adoptadas nos ensaios de estabelecimento dos padrões de compactação a atingir.

Uma alternativa é usar um aterro experimental como modelo, tomando as características mecânicas nele «afinadas» como aquelas que se deseja impor ao aterro real. Durante a construção deste é necessário portanto não deixar desviar as características de compactação da distribuição conseguida no aterro experimental. A fig. 6.4 mostra um exemplo de análise estatística efectuada com esta finalidade. Está representada a cumulativa de pesos específicos do aterro experimental, que se tomou como referência, e a cumulativa de pesos específicos do aterro da barragem. O controle, durante a construção, operava no sentido

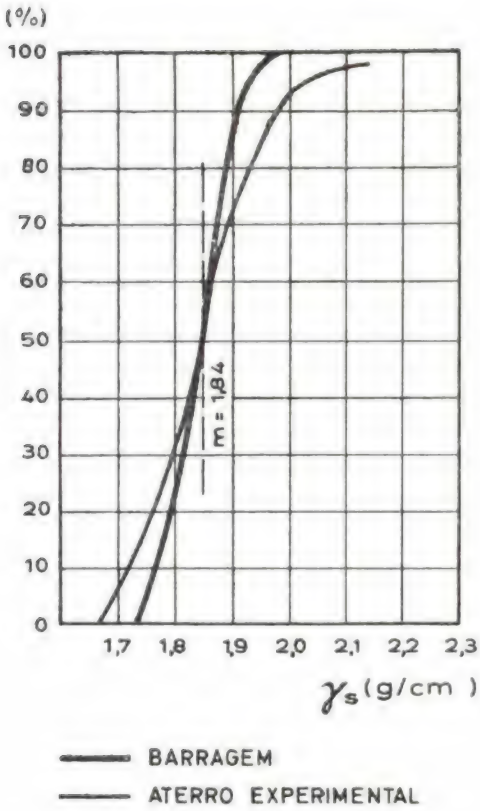


Fig. 6.4

de forçar a compactação, sempre que se notava tendência para a compactação média da barragem desviar (para o lado das menores compactações) em relação ao aterro experimental.

7 — OBSERVAÇÃO DE BARRAGENS DE TERRA. GRANDEZAS OBSERVADAS. TÉCNICAS E EQUIPAMENTOS DE OBSERVAÇÃO. O PAPEL DA OBSERVAÇÃO NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS MÉTODOS DE CONCEPÇÃO, PROJECTO E CONSTRUÇÃO

Desde há uma ou uma dezena de anos que se começaram a instalar equipamentos de observação em barragens de terra. Por isso dispõe-se hoje de um razoável acúmulo de dados de observação.

As grandezas que em geral se observam são:

a) deslocamentos de pontos da superfície dos maciços; embora se dê em geral mais atenção à medição de deslocamentos verticais (assentamentos) é usual observar também os deslocamentos em planta.

b) deslocamentos de pontos do interior do maciço; medem-se sobretudo deslocamentos verticais, mas também se observam componentes horizontais dos deslocamentos.

c) tensões neutras desenvolvidas no interior dos maciços e nas zonas mais superficiais dos terrenos de fundação.

d) níveis hidrostáticos nos maciços, sobretudo nas zonas abrangidas pela presumível rede de fluxo correspondente ao nível de máximo represamento da albufeira.

e) tensões totais instaladas nos maciços, medidas em diversas direcções de forma a procurar definir o estado de tensão.

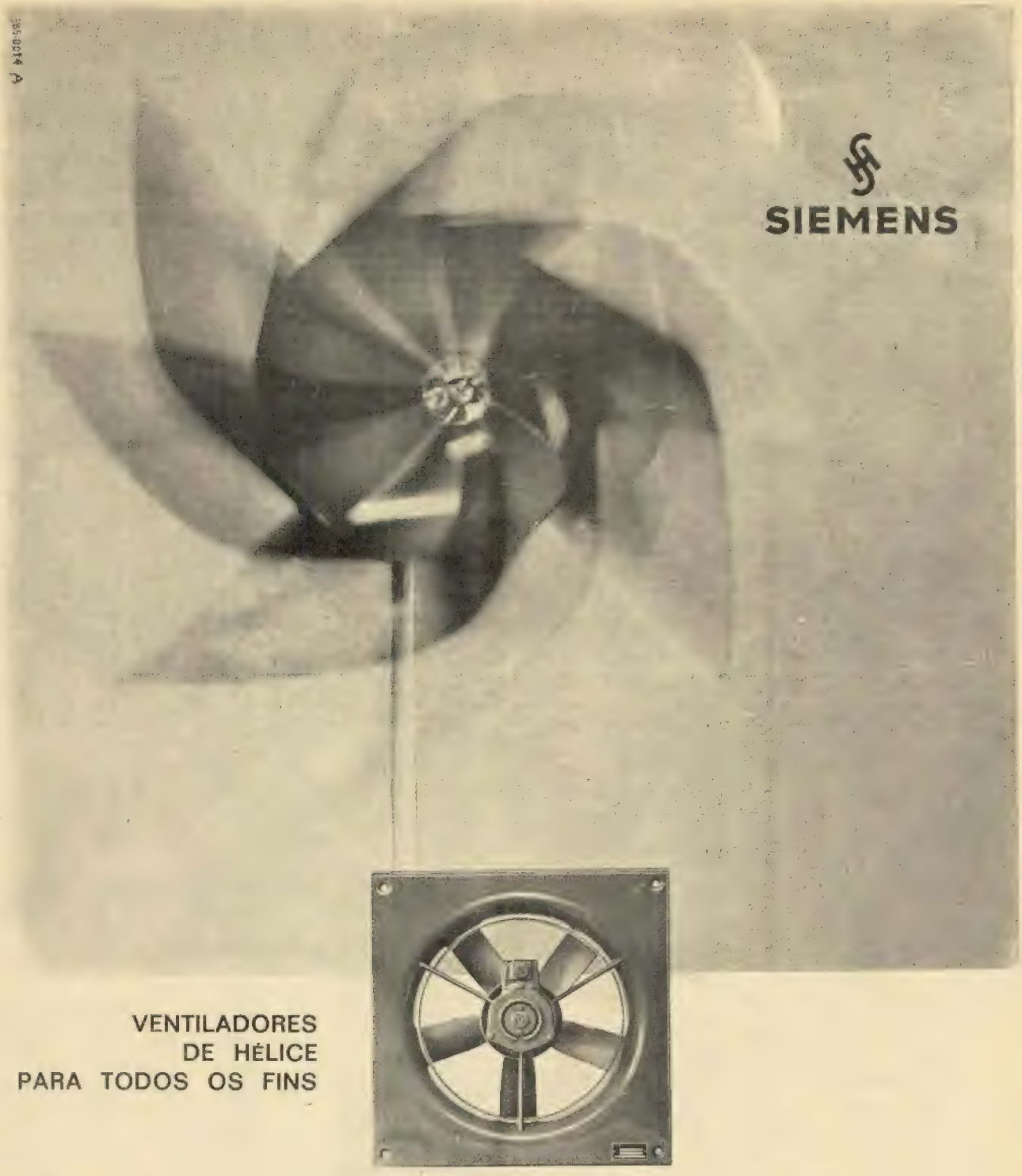
f) «resposta» dos maciços a abalos sísmicos em termos de tensões, acelerações e deslocamentos.

Interessará mencionar muito sucintamente os métodos e equipamentos que em regra são usados para efectuar estas observações:

a) Deslocamentos de pontos à superfície — Os deslocamentos verticais são medidos por nivelamento geométrico, referenciado a marcas fixas colocadas nas margens. É o comportamento, no que se refere a imobilidade, destes pontos considerados fixos, que limita a precisão das medidas. Embora, com pontos fixos de confiança, se pudesse alcançar maiores precisões, para os fins práticos envolvidos na problemática de barragens de terra basta conduzir as operações de nivelamento com precisão de 1 ou 2 mm. Mesmo assim, em muitos locais de barragens de terra, para conseguir esta precisão modesta, é necessário recorrer a marcas profundas (benchmarks), por motivo dos terrenos superficiais, bastante deformáveis, poderem ser afectados por pequenos movimentos quer devidos ao peso próprio da barragem, quer devidos ao peso da água represada, quer ainda a variações volumétricas por alterações do teor de humidade.

A observação planimétrica de deslocamentos faz-se por triangulação. Em relação aos pontos fixos da base de triangulação há que fazer os mesmos comentários que foram apresentados em relação à observação altimétrica.

b) Deslocamentos de pontos do interior dos maciços — O mais usado dos equipamentos é a «bateria» de segmentos de tubos, com dois diâmetros, com possibilidades de deslocamento relativo dos segmentos, que foi introduzida na técnica de observações de barragens de terra



VENTILADORES DE HÉLICE PARA TODOS OS FINS

Ventiladores de Janela e Parede

Para montagem em paredes ou janelas, máquinas e aparelhos. A regulação do ar faz-se por meio de um comutador, o qual admite três escalões de velocidade em qualquer dos sentidos de marcha. Motor monofásico com rotor exterior 220 V, 42-60 c/s.

Ventiladores Siemens - Betz

Fabricados em diversos tipos, permitem uma renovação de ar desde 750 m³ a 26 000 m³ por hora. Para temperaturas ambiente até 120° C existe um tipo especial. Modelos com gelosia automática ou accionamento manual. Motor blindado mono ou trifásico, 220/380 V, 50 c/s.

Ventiladores Silenciosos

Equipados com motores monofásicos são extremamente silenciosos e, por conseguinte, indicados para locais onde se requer silêncio absoluto. Podem-ser fornecidos com comutador de velocidade. Motor blindado monofásico 220 V, 50 c/s.

SIEMENS – COMPANHIA DE ELECTRICIDADE, S. A. R. L.
LISBOA — PORTO

Instalação Eléctrica e diverso outro material

VENDE-SE

1 instalação rectificadora constituída por mutadores a vapor de mercúrio 30000/525 V, 2 × 1000 kw, compreendendo uma subestação de 30 kV, transformação e rectificação, quadro de comando e saída de C. Contínua e ainda um conjunto de peças de reserva específicas destas instalações.

- Transformadores trifásicos 30/6 KV de 300, 600, 800, 1200 e 2400 KVA.
- 2 Transformadores de medida 30000/110, 30 VA, classe 0,5.
- 1 Interruptor «Ruptair», 30 KV, 200 A.
- 3 Seccionadores 30 KV, 200 A.
- 3 Disjuntores 30 KV, 320 A.
- 1 Disjuntor 30 KV, 500 A.
- 8 Pára-raios, para exterior, 30 KV (neutro isolado).
- 11 Pára-raios, 7 KV, para exterior.
- 13 Pára-raios, 6 KV, para exterior.
- 2 Transformadores de intensidade, 35 KV, 20/5, 30 VA. e outro material diverso de instalação.

Todo o material pode ser visto nas Fábricas da CUF, no Barreiro, devendo os interessados dirigirem-se à Direcção das Fábricas.

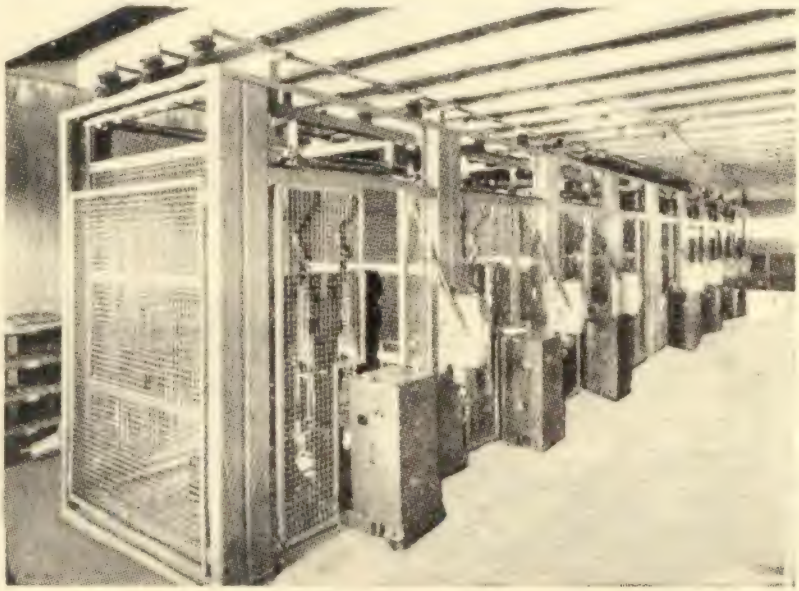
Propostas a endereçar à C. U. F. — Direcção de Aprovisionamentos — Avenida Infante Santo, 2 — Lisboa, no prazo de 15 dias após a publicação deste anúncio.

ISOLUX L.DA

ESTUDOS E INSTALAÇÕES ELÉCTRICAS

Porto
R. de Sá da Bandeira, 651 - 4°
Tel. 27013

Lisboa
L. Campo Pequeno, 21 - 4° Esq
Tel. 760964



CELAS ABERTAS DE ALTA TENSÃO

Projectos e instalações eléctricas de:

Centrais

Subestações

Postos de Transformação

Fábricas

Edifícios públicos

Blocos residenciais

pelo Bureau of Reclamation. Os deslocamentos dos extremos dos segmentos de menor diâmetro são medidos, em relação ao topo da «bateria», por meio de um dispositivo com um sistema de encravamento (torpedo). Obtêm-se assim deslocamentos relativos dos pontos do interior do maciço, referidos ao topo da «bateria» e deslocamentos absolutos desses mesmos pontos, desde que se acompanhe a observação por nivelamento geométrico de marcas colocadas na imediata vizinhança de cada bateria.

É óbvio que estas baterias de segmentos de tubos têm de ser instaladas acompanhando a construção do aterro, o que muitas vezes constitui estorvo ao normal desenvolvimento dos trabalhos de terraplenagens.

Os deslocamentos em planta de pontos do interior do maciço podem ser medidos à custa das mesmas baterias, por dispositivo que permite a transmissão mecânica desses deslocamentos para a superfície, referindo-os ao topo da bateria. Muito mais prático e preciso, embora relativamente dispendioso, é o sistema baseado na utilização de um pêndulo eléctrico, que transmite um sinal com intensidade proporcional à inclinação do segmento em que é estacionado. Requere este sistema, para conhecer grandezas azimutais, que o pêndulo seja estacionado com orientação fixada em relação à secção do furo. Por isso os tubos de revestimento, para poder usar este equipamento, têm de possuir um carril de guiamento que fixa a orientação do pêndulo em planta.

c) Tensões neutras — Existem diversos tipos de células para medição de tensões intersticiais. Um tipo de célula muito difundido na América, é o da célula desenvolvida pelo Bureau of Reclamation. Trata-se de uma célula de concepção muito simples, pois consiste sòmente numa tomada de pressão, obturada com uma placa porosa de «pressão de rotura hidráulica» adequada, ligada a um par de tubos constituindo retorno, para permitir a saturação do sistema. O sistema mantém-se fechado e possui no seu circuito um manómetro comum. Na Europa dá-se preferência a células eléctricas ou de corda vibrante. Em qualquer destas células existe um órgão de tomada de pressão dotado de uma placa porosa com conveniente «pressão de rotura hidráulica»; a pressão captada actua uma placa porosa com extensómetros eléctricos (célula Philips, por exemplo) ou um diafragma cujos deslocamentos fazem variar a tensão em fios cuja resistência eléctrica é assim alterada, ou ainda um diafragma cujos deslocamentos fazem variar a tensão numa corda vibrante fazendo assim variar a sua frequência própria de vibração (célula Maihak). São estas as células que existem montadas em Portugal nas obras de terra mais recentes.

Um tipo de célula que se afigura muito interessante, por dispensar cabos de ligação com todas as consequências de condicionamento aos trabalhos de terraplenagens, será uma célula cujo sinal seja transmitido por um emissor que possa ser «interrogado» por ondas hertzianas. Atendendo à muito fraca penetração das radiações electromagnéticas nos meios terrosos a concretização desta célula oferece certas dificuldades. Em todo o caso o sector de estudo de aparelhagem do Laboratório Nacional de Engenharia Civil já construiu alguns protótipos que conseguem operar a uma dezena de metros de profundidade. Células deste tipo para instalar em provetes, por exemplo durante um ensaio de compressão triaxial, podem-se considerar já como operacionais. As vantagens não são tão relevantes, mas mesmo para esta utilização mais modesta estas células têm interesse, por dispensarem ligações do interior para o exterior de câmaras triaxiais, com as consequentes dificuldades de vedação em cada ponto de passagem ou ligação.

O requisito fundamental, para células de leitura de tensões neutras, é que operem com «débito» muito reduzido, para introduzirem pequenas alterações no valor da grandeza a medir e para que tenham pequeno «atraso» de resposta. Outros requisitos muito desejáveis referem-se à sua duração e estabilidade. Dentre as células disponíveis, pelo menos dentre as que estão comercializadas, parecem ser as de corda vibrante as que melhor satisfazem a estes requisitos. Operam com um débito reduzidíssimo de alguns centésimos de centímetro cúbico. Apresentam melhor estabilidade do que as células de resistência eléctrica. Têm uma duração razoável, condicionada pelo cuidado na instalação, sobretudo no que se refere aos isolamentos.

Outro requisito importante, não relacionado com o tipo de células, mas com as características da placa porosa através da qual se faz a tomada de pressão neutra, é uma adequada «pressão de rotura hidráulica» (bubbling pressure). Como se

sabe designa-se assim a pressão de ar que é capaz de expulsar a água adsorvida nos poros de uma placa saturada. A existência de uma adequada «pressão de rotura hidráulica» interessa por isso nas células com as quais se pretende ler pressões neutras em meios não-saturados, para garantir que, em contacto com esses meios, a placa e todo o sistema da placa para o interior da célula, se mantenha saturado.

As figs. 7.1 a 7.3 mostram alguns resultados obtidos em Portugal em observações de tensões neutras em fase da obra.

Como do exame dos gráficos apresentados se depreende, têm-se registado tensões neutras negativas, nalguns casos com um valor apreciável.

É de notar a grande dispersão que os resultados apresentam, denotando grande dependência dos valores medidos de características *locais* dos solos envolventes. Parece assim que as tensões neutras lidas, dependendo muito estreitamente da compactação e sobretudo do grau de saturação da porção do maciço imediatamente adjacente, fornecerão só valores locais que dificilmente poderão ser interpretados em termos de fornecerem dados sobre a distribuição geral das tensões neutras no maciço, considerado globalmente. Parece que esta circunstância obrigará a ter de instalar um número muito mais elevado de células, para poder dispor de informações que possam ser estatìsticamente analisadas.

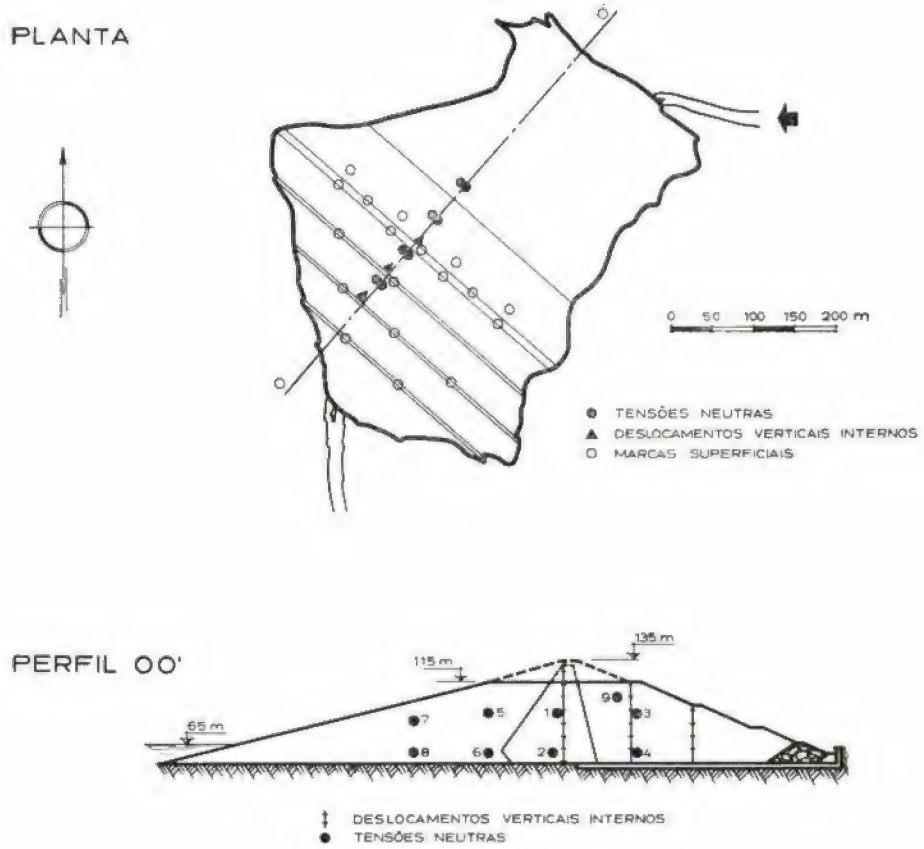
d) Níveis hidrostáticos — São medidos por piezómetros abertos, com tomadas de água adequadamente filtradas. Nos meios pouco permeáveis o tempo de resposta é necessàriamente lento.

e) Tensões totais — São de duas ordens as dificuldades que se levantam na medição de tensões totais. A primeira, ligada ao custo e dificuldade das operações de medida e sobretudo de instalação, deriva do facto de, não sendo o estado de tensão total um estado de tensão isotrópico, tornar-se necessário instalar rosetas de células para conhecer tensões em diversas direcções e poder assim determinar o tensor de tensões. Admitindo o equilíbrio como plano, isto é, como um equilíbrio a duas dimensões, a observação do estado de tensão num ponto requer a instalação de uma roseta de três células. Nos equilíbrios a três dimensões a observação de um ponto requer rosetas de seis células. São, como se vê, observações extremamente dispendiosas e que introduzem grandes condicionamentos aos trabalhos de terraplenagens pela grande quantidade de cabos cujo trânsito em boas condições se tem de garantir através dos aterros.

Mas há outra dificuldade que interessa apontar: como é sabido a medição de tensões, ao fim e ao cabo a tradução de uma deformação do aparelho de medida, introduz sensíveis perturbações no campo das grandezas a medir. O tensómetro ideal teria de ter a mesma deformabilidade e a mesma viscosidade — numa palavra a mesma reologia — do meio em que se insere e onde se pretende conhecer a tensão. Tensómetros mais rígidos do que o meio provocarão sobre si concentrações de tensão, com consequente alívio das tensões nas zonas adjacentes do meio a observar. Tensómetros menos rígidos do que o meio provocarão efeitos de «abóbada», isto é, tenderão a funcionar como cavidades, suportando tensões inferiores às que existiriam no meio não perturbado, com a consequente transferência de tensões para as zonas adjacentes. É sabido que num meio elástico é possível corrigir as leituras feitas desde que se conheça com suficiente rigor o módulo de elasticidade do tensómetro. Mas este tratamento não é possível em solos, dado que os tensómetros têm comportamento pràticamente elástico e os solos comportamento que traduz uma reologia em que existem elementos elásticos, viscosos e plásticos, e em que os coeficientes respectivos, como se sabe, são funções das tensões e presumìvelmente também do tempo. Por isso células para medir tensões totais em solos só poderão dar indicações de suficiente rigor se, pela sua conformação *geométrica* introduzirem perturbações desprezáveis no campo a observar. É evidente que uma célula ideal, que poderia obviar às dificuldades apontadas, fosse qual fosse a sua reologia, seria uma célula de espessura desprezável. É assim fácil de concluir que células adequadas para medir tensões neutras totais serão células com uma grande relação diâmetro-espessura. Células pouco espessas, de extensómetros eléctricos, parecem ser neste momento as células disponíveis mais adequadas para o fim em referência.

f) «Resposta» a abalos sísmicos — Têm-se instalado, sobretudo na Califórnia e no Japão, diversos tipos de sismógrafos, para medição de deslocamentos de diversos pontos dos maciços, e acelerómetros.

BARRAGEM DO MIRA



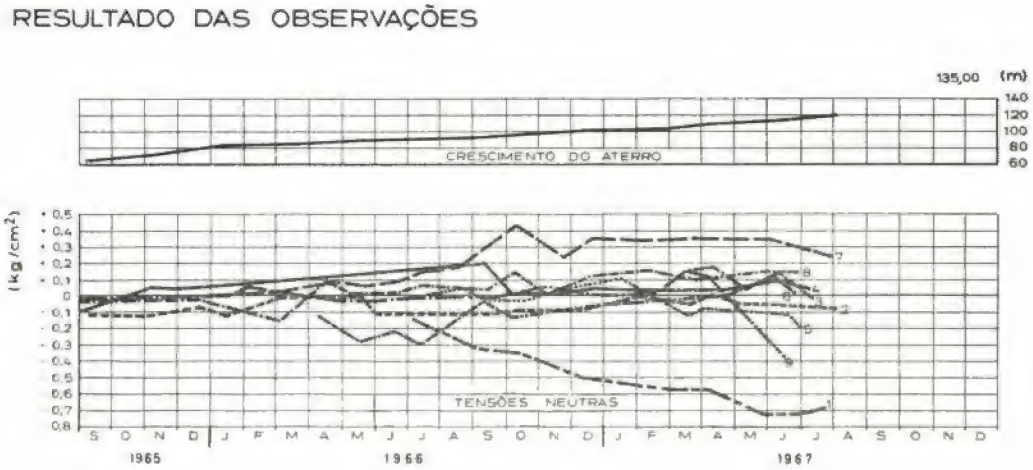


Fig. 7.1

Os elementos de observação, além de indicações gerais sobre a segurança da obra, que se deduzirão da evolução dos deslocamentos e das tensões, representam muito interesse para ir sujeitando a contra-provas as bases de concepção e os métodos de dimensionamento de obras de terra.

Embora possam reputar-se como evidentes os

BARRAGEM DO ROXO

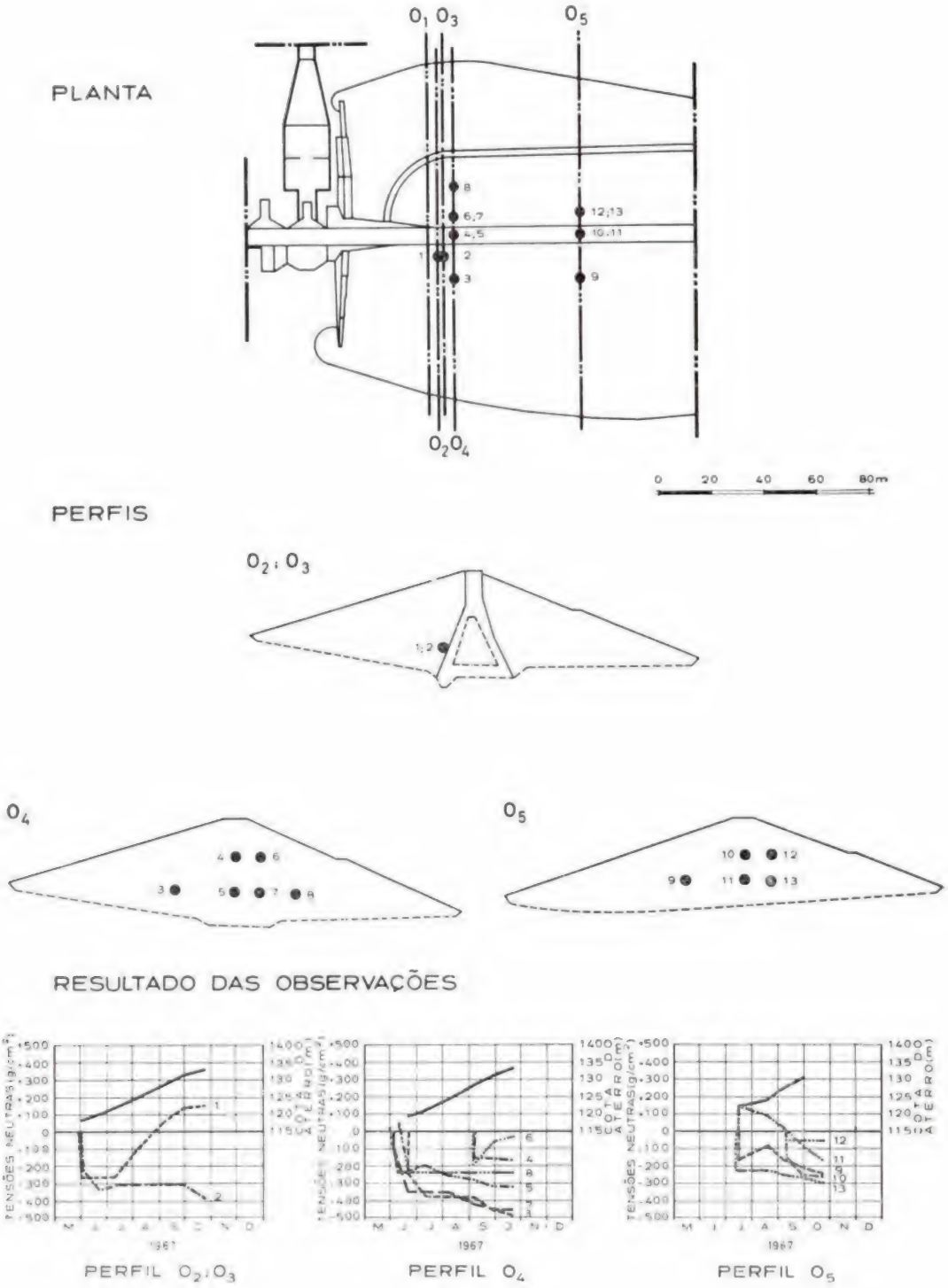


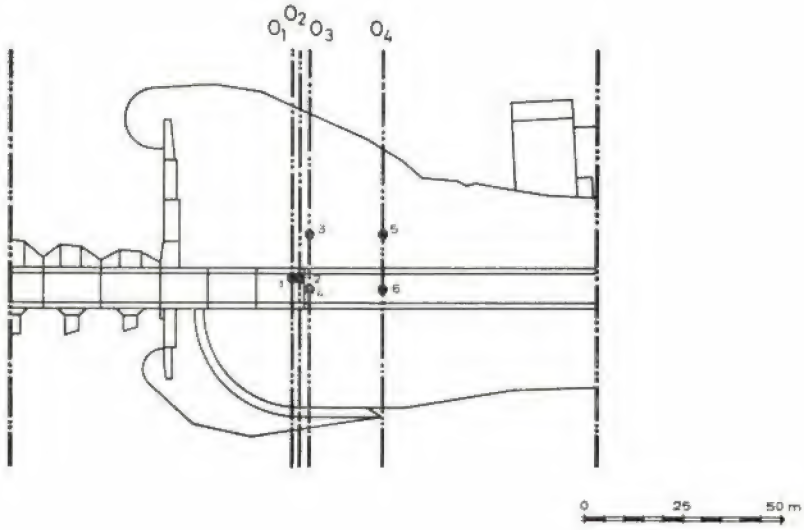
Fig. 7.2

campos em que essas contra-provas e as consequentes revisões se irão operando, parece de interesse recordar sumàriamente os principais aspectos que neste momento se sente que carecem de maior contributo de observação.

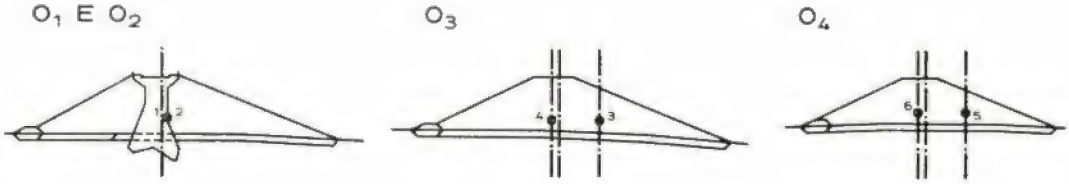
1) Observação de distribuições de tensões neutras — As hipóteses que actualmente se aceitam sobre distribuição de tensões neutras, sobre-

BARRAGEM DO CAÍA

PLANTA



PERFIS



RESULTADO DAS OBSERVAÇÕES

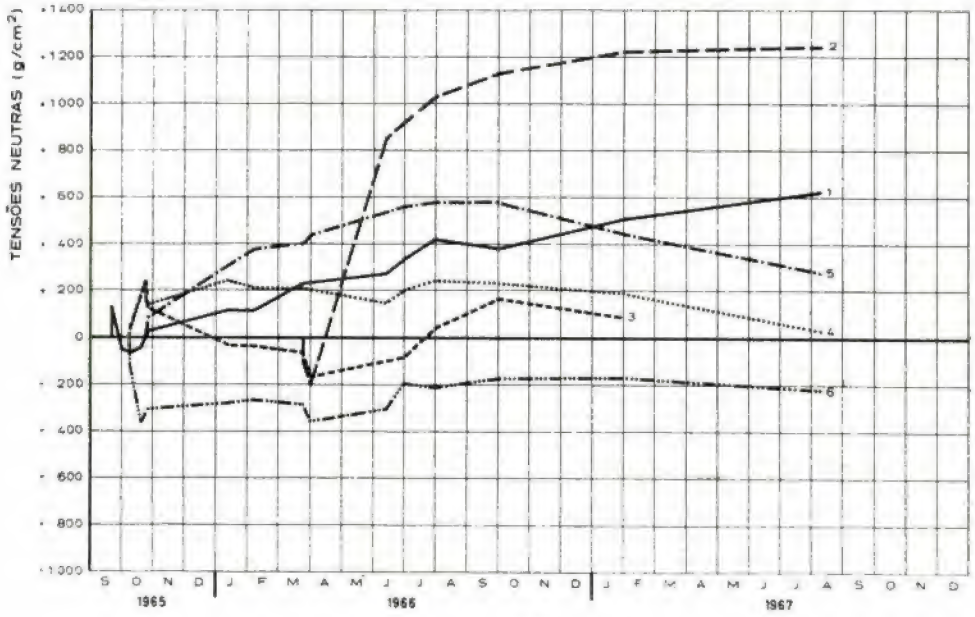


Fig. 7.3

tudo para a situação de solicitação, que normalmente é crítica para o dimensionamento, que é habituar designar por esvaziamento brusco, pecam por reconhecido primarismo. Dados de observação, conjugados com adequada interpretação de ensaios laboratoriais, tornam-se necessários para melhor definir parâmetros do tipo dos «coeficientes de pressão neutra» que possam com confiança ser adoptados, em relação com velocidades *verosímeis* de esvaziamento. Essas velocidades determinarão os valores a adoptar para crescimento da solicitação por anulação da impulsão, bem como as velocidades a admitir para evolução do processo de consolidação do maciço que é concomitante com esse acréscimo de solicitação total.

Os possíveis efeitos derivados de pressões neutras negativas, sobretudo encarados como tensões de pré-consolidação que forçam a «memorização» de efeitos estruturais irreversíveis nos maciços compactados com teor de humidade desviado para o «lado seco», necessitam de maior evidência experimental, colhida nas obras, sobre a grandeza e efectividade das tensões neutras negativas instaladas.

2) Observações do estado de tensão — Todos os métodos actualmente em uso para dimensionamento de taludes de barragens necessitam contra-provas relativas aos estados de tensão admitidos. No método das fatias «clássico» importa averiguar a ordem de grandeza do erro que se comete ao considerar a tensão, na base de cada fatia, como o peso próprio da fatia. No método de fatias com inter-acção entre fatias urge sobretudo averiguar o grau de aproximação da hipótese que consiste em admitir a linha de acção das forças inter-fatias como passando no terço inferior de cada face de separação entre fatias.

Nos métodos em que, em lugar de se arbitrar superfícies de escorregamento se procura deduzi-las do andamento das isogónicas, as soluções disponíveis baseiam-se em situações de equilíbrio limite, isto é, postulam a completa plastificação do maciço. A observação do estado de tensão torna-se necessário para averiguar o erro cometido ao admitir esta hipótese como válida na determinação de isogónicas em maciços em situações de equilíbrio hipo-limite.

Será um numeroso acúmulo de dados de observação sobre distribuição de estados de tensão que permitirá julgar a justeza de métodos em que se procure deduzir a quantificação das reservas de resistência do maciço do seu estado de tensão-extensão. E aqui tornar-se-á indispensável, e este será mesmo o melhor uso que neste momento para estas observações se pode antever, dispor de numerosos dados de observação sobre deslocamentos de maciços, quer à superfície, quer internos, para deles deduzir estados de extensão.

3) Observação da evolução a largo prazo de características mecânicas dos aterros — É de grande importância averiguar a evolução no tempo de características de corte, sobretudo para averiguar se existem conspícuos efeitos de «envelhecimento».

Apresenta também muito interesse averiguar a evolução do grau de saturação. Mesmo em zonas relativamente próximas do paramento de montante pode aceitar-se que a saturação completa nunca se instale, por não haver possibilidade de expulsão do ar ocluso nos poros.

Parece por isso ser de preconizar que, aproveitando circunstâncias favoráveis, tais como épocas de estiagem excepcional, se façam sondagens nos maciços de montante de barragens já com bastantes anos de serviço, para colheita de amostras indeformadas e subsequente estudo laboratorial.

Mesmo sem colher amostras indeformadas o grau de saturação pode ser observado a partir de medições indirectas do peso específico aparente e do teor de humidade. Os métodos de raios γ e de neutrões, já citados, podem ser utilizados com êxito para estas observações. É de notar que no controle de compactação estes métodos apresentam resultados com elevadas dispersões pelo facto de os terrenos, mesmo os reputados homogénios, apresentaram apreciáveis variações de propriedades de uma para outra «toma». Mas em observações do tipo daquela que se está a mencionar, trata-se de seguir a evolução no tempo, em peso específico e em teor de humidade, de sempre os *mesmos* elementos de volume do maciço. As medições são por isso auto-padronizadas.

Nas barragens que mais recentemente se têm construído em Portugal deixam-se furos entubados para observação periódica do peso específico e teor de humidade usando raios γ a neutrões.

C. D. U. 622.235.24

EXPLOSIVOS DE NITRATO DE AMÓNIO E *FUEL-OIL** (ANFO)

por FERNANDO S. S. SOBRAL
Do curso de Minas do I. S. T.

RESUMO

Pretende-se, com este artigo de divulgação, não só chamar a atenção para as vantagens, sobretudo económicas, da utilização do ANFO, como também referir alguns problemas que é necessário resolver para a obtenção dos melhores resultados práticos com este explosivo.

SYNOPSIS

The author wishes with this divulgence paper, not only to call the attention to the advantages, especially the economical ones, of the use of ANFO, but also to mention some problems that it is necessary to solve in order to obtain the best practical results with this explosive.

1 — INTRODUÇÃO

A fundação da indústria dos explosivos pode-se considerar coincidente com a descoberta da nitroglicerina, feita por Sobrero em 1846, na Itália. Posteriormente Nobel investigou a possibilidade da sua produção à escala comercial, constatando que era necessário utilizar para o seu disparo uma pequena carga de pólvora, como escorva; sendo um explosivo potente, a nitroglicerina líquida é, porém, demasiado sensível ao choque e ao atrito.

Em 1867, Nobel encontrou, finalmente, um explosivo seguro e eficaz, com possibilidades de produção comercial: a dinamite. Esta era então constituída por 75 partes de nitroglicerina, absorvidas por 25 partes de diatomite.

No mesmo ano de 1867, foi concedida aos suecos Ohlsson e Norrbein uma patente sobre um explosivo designado por «Ammoniakrut», que constava de nitrato de amónio, só ou misturado com carvão, serradura, naftaleno, ácido pícrico, nitroglicerina ou nitrobenzeno. Esta patente, que foi mais tarde adquirida por Nobel, corresponde à primeira referência a explosivos com nitrato de amónio, sendo no entanto duvidoso que o «Ammoniakrut» tenha sido alguma vez manufacturado sem adição de um agente sensibilizador, como a nitroglicerina.

Todavia, o uso do nitrato de amónio em explosivos só se generalizou depois do estabelecimento de processos eficientes de fabrico do amoníaco, que tornaram possível a produção do nitrato a baixo preço. Hoje em dia, o nitrato de amónio é pràticamente o único nitrato inorgânico utilizado em grande número de explosivos gelatinosos e não gelatinosos, por ter as vantagens, em relação a outros agentes oxidantes, de não deixar como resíduo qualquer óxido inerte e de fornecer, por reacção completa, uma quantidade de energia muito maior que qualquer outro agente oxidante.

Em 1932, Kirst e Woodbury inventaram uma série de explosivos de nitrato de amónio, que passaram a ser fabricados pela companhia DuPont sob a designação de «Nitramon», os quais eram misturas de nitrato de amónio e certas substâncias tais como parafina, dinitrotolueno e ferro-silício; eram porém explosivos de baixa sensibilidade e com acondicionamento necessàriamente metálico, em virtude da higroscopicidade do nitrato.

No ano de 1947, devido a graves desastres motivados por explosões de grandes quantidades de nitrato de amónio armazenado nos porões de navios ancorados no Texas e em Brest (explosões essas causadas por incêndios), iniciou-se a realização de estudos aprofundados sobre a decom-

---

* NOTA — Não existe uma demarcação precisa para as várias classes de produtos geralmente designados por *gas-oil* (gasóleo), *diesel fuel* e *fuel-oil*; por esta razão, todos estes produtos aparecem muitas vezes na literatura sob a designação genérica de *fuel-oil*. Como se depreenderá da leitura deste trabalho, o *fuel-oil* utilizado nas misturas ANFO tem, na maior parte dos casos, as características de um *diesel fuel* ou até de um *gas-oil*.

posição química daquele produto, em especial na presença de pequenas quantidades de substâncias redutoras; tais estudos tiveram no entanto pouco valor prático.

Nos últimos anos, as investigações sobre o nitrato de amónio têm tido em vista alcançar dois objectivos principais:

1) Melhoria da segurança nos processos de fabrico, o que é de importância vital para os fabricantes.

2) Desenvolvimento de novas composições, com o fim de aumentar o aproveitamento da energia disponível na detonação do nitrato de amónio, factor este com interesse para os fabricantes e para os utilizadores.

A respeito deste último aspecto, é de destacar o trabalho de H. Lee e R. Akre, realizado nos Estados Unidos. Estes investigadores desenvolveram um explosivo de baixo custo, fundamentalmente composto por nitrato de amónio, que foi designado por «Akremite»; neste explosivo, o nitrato era misturado com carvão moído, negro de fumo ou outro material combustível, em percentagem variável de 1 a 12 %. A «Akremite» foi utilizada com muito êxito em operações de arranque a céu aberto, aplicada em furos com diâmetro superior a 10 cm, com acondicionamento em sacos de plástico. Foram utilizadas com bastante êxito misturas deste tipo nas minas de taconite de Mesabi Range, nos Estados Unidos, em substituição de explosivos semi-plásticos convencionais.

A era do ANFO, pròpriamente dito, começou em 1956, quando da generalização do conhecimento de que o *fuel-oil* era um aditivo mais conveniente que os materiais orgânicos sólidos que até então se associavam ao nitrato de amónio.

Na Europa, os primeiros ensaios práticos importantes foram realizados na Suécia pela Companhia Mineira de Boliden, em fins de 1958. Começaram pela utilização da mistura nas explorações a céu aberto, só mais tarde passando para os trabalhos subterrâneos. Empregando um tipo de nitrato de amónio cristalino, finamente granular, tais ensaios provaram que era possível realizar rebentamentos eficientes carregando a mistura em furos até um diâmetro mínimo de 28 mm, o que permitiu obter uma fragmentação comparável à provocada pelas dinamites usuais.

No final de 1961, a mistura ANFO, contendo 94 % de nitrato de amónio e 6 % de *fuel-oil*, era já um produto normalizado no continente norte-americano, inclusivé para utilização em furos de reduzido diâmetro.

Ainda hoje, à parte uma ou outra pequena alteração, esta composição mantém-se. A sua expansão tem sido tal que na América do Norte a sua produção atinge, actualmente, 60 % da produção total de explosivos.

2 — COMPOSIÇÃO E PROPRIEDADES DA MISTURA

2.1 — Generalidades

Os componentes do explosivo são fundamentalmente dois: um oxidante e um redutor.

O componente oxidante é o nitrato de amónio (abreviatura AN, da designação inglesa *ammonium nitrate*). Nenhuma outra substância semelhante tem, pelo que já se referiu, vantagem sobre ele, estando por isso a sua utilização muito generalizada. O nitrato de sódio, embora mais barato e mais denso, não é tão eficiente, pois dá origem a misturas menos sensíveis; é também mais higroscópico, facto que não abona a seu favor.

O componente redutor é um combustível do tipo hidrocarboneto, líquido ou sólido, cuja escolha depende principalmente das disponibilidades locais. O mais usado e adquado é o *fuel-oil*, donde a abreviatura FO que entra na designação comum deste tipo de explosivos.

Quantitativamente, são em regra adoptadas as percentagens de 94,5 % e 5,5 %, respectivamente para o componente oxidante e para o redutor, o que corresponde a uma mistura bem doseada em oxigénio. Estas percentagens podem variar consoante os tipos de nitrato de amónio e de combustível utilizados, não devendo, de um modo geral, a percentagem de combustível ultrapassar os limites mínimo e máximo, respectivamente, de 4 % e 7 %.

Como o nitrato de amónio e os combustíveis de tipo oleoso se repelem fìsicamente, adicionando à mistura uma quantidade diminuta (cerca de 0,5 %) de uma substância tensio-activa, a sua sensibilidade é grandemente melhorada. Nos Estados Unidos é bastante utilizada para o efeito

uma substância designada por *Petro-AG*, misturada com uma pequena porção de argila.

Para fins de segurança (indicativo de que a mistura já está preparada) e para permitir verificar a homogeneidade da mistura do combustível com o nitrato, durante a sua execução, utiliza-se muitas vezes um corante, por exemplo o vermelho do Sudão.

Ainda para evitar ou atenuar a produção de cargas eléctricas estáticas durante o carregamento, usam-se por vezes substâncias apropriadas.

Segundo SUTTON e PUGSLEY (1961), as proporções ideais, em peso, são as seguintes:

Nitrato de amónio, em *prills* ou granulado	94,0	%
Fuel-oil n.º 2	5,5	%
Corante	0,25	%
Aditivo anti-estático	0,25	%

2.2 — Componentes da mistura

2.2.1 — Nitrato de amónio

Há variadíssimos tipos de nitrato de amónio industrial, sendo o tamanho e forma dos grãos, a porosidade e a existência, ou não, de revestimento dos grãos, as principais características distintivas.

Quanto à granulometria, deve ser, no máximo, de 6 a 8 *mesh* (2,3 a 3,3 mm), podendo ter valores elevados para os tipos porosos, mas não para os tipos não porosos; para estes, o tamanho dos grãos deve ser o menor possível.

No que diz respeito à forma, existem, além do tipo granulado irregular *(grained)*, o granulado arredondado *(prilled)* e, ainda, o tipo em escamas *(flaked)*.

A porosidade permite uma mais íntima distribuição do combustível no nitrato, devido sobretudo à maior superfície de contacto que origina.

O revestimento, em regra de substâncias inertes, é utilizado principalmente para evitar a aglomeração do nitrato; pode ser constituído por diatomite, argila, etc.

O tratamento do nitrato, por meio de uma substância tensio-activa, dispensa o revestimento, pois produz o mesmo efeito deste, com a vantagem de não haver diminuição da velocidade de detonação da mistura, o que normalmente se verifica com a presença do revestimento.

Existem três tipos de nitrato de amónio mundialmente mais divulgados:

1) Tipo cristalino finamente dividido, de densidade elevada, usado sobretudo na Suécia.

2) Tipo granular poroso *(prilled)*, mais grosseiro que aquele, menos denso, mais fácil de manusear, misturar e carregar, permitindo combinação mais íntima com o combustível líquido, tendo menor tendência para aglomerar e dando origem a misturas mais potentes. Este é o tipo mais utilizado, em especial na América do Norte.

3) Tipo granular denso *(dense prilled)*, muito usado na África do Sul.

O segundo destes tipos é, de longe, o melhor, recorrendo-se aos outros ùnicamente na sua falta; é o que sucede na Suécia e na África do Sul. Este tipo tem como vantagens, entre outras: permitir uma mistura mais íntima com o combustível, com menor probabilidade de segregação deste com o tempo; carregamento mais uniforme e maior estabilidade da detonação em furos de reduzido diâmetro (32 mm ou menos).

Os diferentes tipos de nitrato de amónio existentes resultam de processos específicos de fabrico.

O processo geral consiste em neutralizar soluções de ácido azótico com amoníaco, evaporando e solidificando em seguida a solução resultante.

Para o fabrico do tipo cristalino, a solução é evaporada lentamente, sob vácuo, e os cristais são removidos por centrifugação, à medida que se vão formando. O seu tamanho é controlado pela velocidade de remoção da água e pelo intervalo entre os ciclos de centrifugação. Os cristais sofrem depois uma secagem e são ensacados.

O tipo granular arredondado *(prilled)* é obtido por pulverização da solução, a 95 %, contra um jacto de ar, numa torre de granulação *(prilling tower)*. As gotas de nitrato vão solidificando à medida que caem ao longo da torre, amontoando-se no fundo desta, sendo daí lançadas para secadores rotativos, onde perdem os restantes 5 % de água. Obtêm-se assim grãos porosos de baixa densidade. Para obter grãos de densidade elevada *(dense prills)*, a água deve ser retirada antes da pulverização da solução na torre, por meio de concentração no vácuo.

Como conclusão pode-se afirmar que as características do nitrato influenciam grandemente as propriedades explosivas da mistura, sendo o problema mais delicado o da aplicação em furos de reduzido diâmetro, nos quais o rebentamento

eficiente só se consegue com uma mistura bastante homogénea.

No nosso país pretende-se actualmente iniciar a produção de nitrato de amónio com as características convenientes para a sua utilização em misturas explosivas do tipo que estamos a descrever.

2.2.2 — Combustível

A escolha do combustível é função das propriedades absorventes do nitrato.

No continente norte-americano emprega-se quase exclusivamente o chamado *diesel fuel n.º 2*, associado ao nitrato de amónio granular poroso (*prilled*).

Na Suécia, com o nitrato cristalino, usa-se o *diesel fuel Shell n.º 1*.

Por vezes, mistura-se com o *fuel-oil* carvão finamente moído.

Em Portugal, nos ensaios que se têm feito, tem-se utilizado gasóleo vulgar.

Por ser pouco viscoso, o gasóleo tende a escorrer com facilidade da mistura, empobrecendo-a localmente no componente redutor; é por isso aconselhável usar um ligeiro excesso de gasóleo (6 % em vez dos 5,5 % ideais) e evitar uma permanência prolongada da mistura nos furos, antes do disparo. Na hipótese de se encartuchar a mistura, a utilização de papel parafinado na confecção dos cartuchos parece evitar perdas sensíveis de gasóleo.

2.3 — Propriedades da mistura

Quando aquecido a temperaturas elevadas, o nitrato de amónio decompõe-se com libertação de calor, segundo uma equação do tipo:

$$2NO_3NH_4 \xrightarrow{(300°C)} 2N_2 + 4OH_2 + O_2 + 2Q \quad (1)$$
$$(Q = 28 \text{ kcal/mole de } NO_3NH_4)$$

Adicionando-lhe um combustível (hidrocarboneto), líquido ou sólido, nas proporções estequiométricas, a libertação de energia da reacção é bastante superior à da equação (1):

$$3NO_3NH_4 + CH_2 \longrightarrow 3N_2 + 7OH_2 + CO_2 + 3Q' \quad (2)$$
$$(Q' = 82 \text{ kcal mole de } NO_3NH_4)$$

Esta equação (2) traduz a reacção entre o nitrato de amónio e o *fuel-oil*. Partindo dela pode-se concluir que, se houver um excesso de *fuel-oil* em relação à proporção estequiométrica (5,65 %), o hidrocarboneto será apenas parcialmente oxidado, aparecendo CO em vez de CO_2 nos fumos provenientes da decomposição.

Para uma percentagem de 8,05 % de *fuel-oil*, a reacção seria:

$$2NO_3NH_4 + CH_2 \longrightarrow 2N_2 + 7OH_2 + CO + Q'' \quad (3)$$

Segundo SINGHAL (1965), o calor de explosão desta reacção é de 710 cal/grama de NO_3NH_4.

Se houver um excesso de nitrato, o azoto produzido será oxidado, formando-se uma série complexa de óxidos de azoto. A Fig. 1 (VAN DOLAH, 1959) é muito esclarecedora a este respeito.

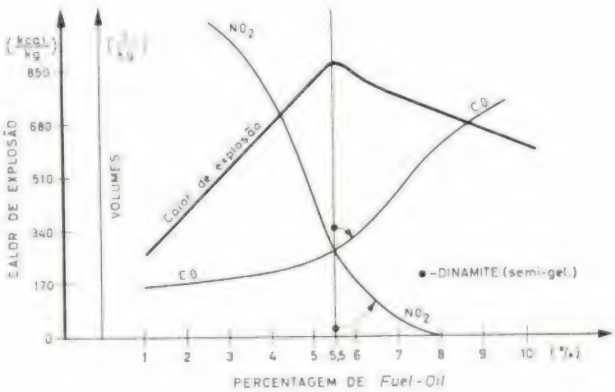


Fig. 1

As propriedades fundamentais a considerar na avaliação dum explosivo são a sensibilidade e a velocidade de detonação, sendo esta última decisiva pois que, se o seu valor não atingir uma dada ordem de grandeza, não chega a haver pròpriamente detonação, limitando-se o explosivo a arder. As duas propriedades dependem largamente das características do nitrato e da sua proporção na mistura, do diâmetro dos furos, da potência da escorva, da densidade da mistura depois de carregada, do confinamento dado pela massa rochosa a arrancar e da humidade existente no furo ou na mistura.

Nas misturas ANFO, a sensibilidade e a velocidade de detonação são propriedades antagónicas, pois que um aumento da primeira só pode ser conseguido à custa duma diminuição da segunda.

2.3.1 — Sensibilidade

A sensibilidade pode-se considerar relativamente ao escorvamento, à onda explosiva, ao choque e ao atrito e traduz-se pela aptidão do explosivo à detonação, sob a acção destes factores.

A mais importante para a eficiência da utilização do ANFO é a sensibilidade à onda explosiva, a qual se caracteriza, frequentemente, pelo chamado *coeficiente de self-excitação* (c.s.e.).

Este coeficiente é definido pela distância que deve separar dois cartuchos de 50 gramas de explosivo, com 30 mm de diâmetro, colocados ao ar livre, para que a detonação de um tenha 50 % de probabilidade de provocar a detonação do outro. Varia normalmente entre 0 e 50 cm. No ensaio, designado na literatura inglesa por *gap test*, utilizado para avaliação deste coeficiente, a distância é medida em múltiplos do diâmetro dos cartuchos; segundo HINO (1961), esta distância é de cerca de 2 diâmetros para o ANFO, ao passo que para uma dinamite semi-gelatinosa é da ordem de 6 diâmetros.

A sensibilidade ao choque pode ser medida por determinação da altura de que é necessário fazer cair um peso de 5 kg sobre a carga de explosivo, de modo a provocar a sua explosão. Na literatura inglesa, esta propriedade é designada por *drop hammer sensitivity*; HINO (1961), indica, em relação a ela, o valor 30-33 cm para o ANFO, enquanto que para a dinamite é de cerca de 22 cm.

Em conclusão, pode-se afirmar que a sensibilidade das misturas ANFO é relativamente baixa, o que contribui, como é lógico, para a segurança no seu emprego, não obstante levantar problemas quanto à eficiência da sua utilização.

2.3.2 - Velocidade de detonação

A velocidade de detonação do ANFO é relativamente baixa, variando normalmente entre 2.300 e 3.900 m/s; é, portanto, bastante inferior à de uma Gelamonite 33 % Ng (5.600 m/s) e só por vezes atinge a de uma Amonite (3.600 m/s).

O principal factor influente na velocidade de detonação do ANFO é o diâmetro da carga explosiva. Define-se, a este propósito, o chamado *diâmetro crítico*, que é o diâmetro de uma carga padrão para a qual, em determinadas condições, a detonação ocorre em 50 % dos casos.

Para certas misturas ANFO bem confeccionadas, HINO (1961), determinou, para este diâmetro, o valor aproximado 22 mm. Este valor mostra-nos a impossibilidade prática de utilização da mistura em furos com diâmetro inferior a 24-25 mm. Furos com diâmetros desta ordem são, de resto, pouco utilizados na prática devido a dificuldades de perfuração.

O tipo de nitrato é também de grande importância para a velocidade de detonação. O diâmetro dos grãos é um factor fundamental, sendo vulgar afirmar-se que a velocidade de detonação é tanto maior quanto mais fino for o nitrato. O problema não é realmente tão simples, uma vez que a porosidade tem influência importante, permitindo, por vezes, melhores resultados com grãos de maiores dimensões.

A percentagem de substância inerte de revestimento do nitrato influi como se mostra na Fig. 2 (Monsanto Chemical Company, 1960). Conclui-se desta figura que uma quantidade de inerte superior a 3-4 % prejudica a eficiência da mistura, e que uma percentagem de 2-3 % é vantajosa; a razão deste facto é, provàvelmente, uma melhor absorção do combustível pelos grãos do nitrato com revestimento em quantidade adequada.

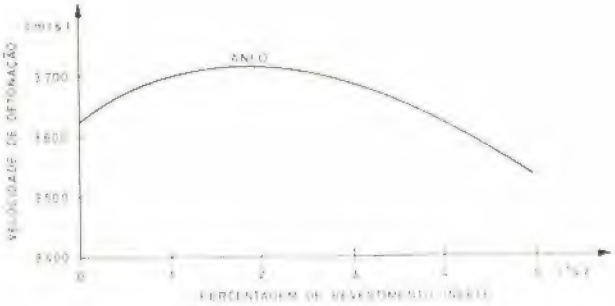


Fig. 2

A percentagem de *fuel-oil* também tem influência na velocidade de detonação, o que se mostra na Fig. 3 (AHLMANN e CASPER, 1961), em que se apresentam curvas correspondentes a diferentes distâncias ao ponto de escorvamento.

A humidade também tem marcada influência na velocidade de detonação. À medida que a humidade aumenta, a velocidade de detonação diminui, anulando-se pràticamente quando a humidade é da ordem de 6 a 8 %.

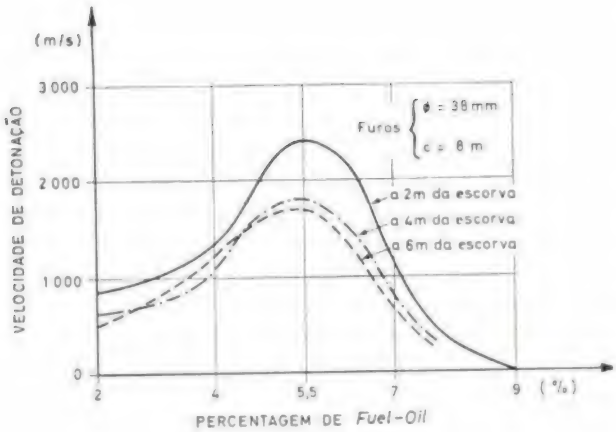


Fig. 3

2.3 3 — Outras propriedades

O trabalho total que um explosivo pode fornecer costuma ser expresso pelo *coeficiente de utilização prática* (C. U. P.), o qual pode ser determinado por vários processos. HINO (1961) indica, para o ensaio no bloco de Trauzl com 10 g de explosivo, os valores 320 e 350 cm^3, respectivamente para o ANFO e para a dinamite; para o ensaio no pêndulo balístico, com 100 g de explosivo, refere os valores 72,8 e 75,0 mm. Vemos assim que, quanto ao C. U. P., o ANFO se aproxima da dinamite.

O índice de quebragem do ANFO é, pelo contrário, muito baixo, o que se pode verificar por meio de ensaios de esmagamento. Este facto justifica ser necessário um bom confinamento por parte da rocha encaixante para que as misturas ANFO conduzam a bons resultados.

A temperatura de inflamação do ANFO é superior à das dinamites (375 °C contra cerca de 300 °C), o que constitui mais um factor favorável à segurança no seu emprego.

Convém ainda assinalar uma propriedade curiosa do nitrato de amónio granular (*prilled*), a qual tem interesse considerar para a sua utilização em climas quentes. Designa-se por *transição de fase* e afecta a estrutura e propriedades do nitrato, o qual, ao ser aquecido acima de 32,5 °C, sofre uma modificação na estrutura cristalina, tendendo os cristais a desagregar-se durante o arrefecimento subsequente. As partículas finas que se formam por este processo aumentam a sensibilidade da mistura mas, em contrapartida, esta passa a resistir muito menos à humidade.

3 — PREPARAÇÃO DA MISTURA

Uma das grandes vantagens deste tipo de explosivo é a simplicidade da sua preparação.

Assim, pode-se utilizar um misturador do tipo betoneira, que funcionará o tempo suficiente para a obtenção de certa homogeneidade na composição da mistura. Esta operação deve ser efectuada em instalação própria e não na «frente», para poder haver um certo controle da mistura antes da sua utilização.

Para os tipos de nitrato de amónio cristalinos, sem qualquer tratamento superficial ou revestimento, é por vezes necessário empregar um desintegrador antes de o misturar com o combustível, visto o nitrato de amónio, por ser higroscópico, tender a aglomerar nos sacos quando armazenado durante algumas semanas. No entanto, os nitratos de amónio actualmente usados (*prilled*), revestidos ou tratados superficialmente por qualquer processo químico, dispensam a utilização prévia do desintegrador.

Feita a mistura, esta poderá ser transportada para o local de utilização, onde se procederá ao carregamento. Este, na maioria dos casos, é feito por meio de máquinas pneumáticas de baixa pressão, dispondo de depósitos com capacidades muito variáveis, portáteis ou montadas sobre veículos.

Na Suécia, a Companhia Mineira de Boliden, uma das pioneiras no desenvolvimento do ANFO, utilizou inicialmente uma máquina mista misturadora-carregadora, que operava na frente de arranque. Para esta frente eram transportados, separadamente, portanto sem qualquer perigo, o nitrato de amónio e o combustível, os quais a máquina misturava em poucos minutos nas proporções convenientes, carregando-se logo a seguir os furos, também com apreciável rapidez. Estas máquinas não eram muito eficientes, produzindo por vezes misturas pouco homogéneas, susceptíveis de provocar insucessos, especialmente em furos de pequeno diâmetro, devido a má regulação ou a perda de combustível por evaporação dentro da própria máquina; por outro lado, não permitiam qualquer controle da composição final da mistura.

Em regiões onde existam várias instalações mineiras trabalhando com ANFO, a melhor solução é a montagem de uma fábrica de preparação da mistura por empresa especializada em explosivos.

4 — CARREGAMENTO E ESCORVAMENTO DOS TIROS

4.1 — Carregamento

Normalmente emprega-se o carregamento por meio de ar comprimido, para o que se utiliza uma mangueira ligada ao aparelho carregador ou à unidade mista de mistura e carregamento. Esta mangueira tem que ter um diâmetro não muito inferior ao dos furos, para que não haja tendência de extravasamento da mistura durante o carregamento.

Os aparelhos carregadores podem-se classificar em três tipos:

1.º — Tipo Venturi.
2.º — Tipo vaso de pressão.
3.º — Tipo Venturi de pressão.

Nos do primeiro tipo, um jacto de ar cria uma sucção num recipiente contendo a mistura, o que impele esta para dentro do furo a carregar. Sendo extremamente leves, podem ser fácil e ràpidamente transportados de uns furos para outros, mesmo que o local seja apertado. Não podem, no entanto, ser usados com mangueiras de extensão superior a 7,5 m, visto que a perda de carga na mangueira de carregamento não pode exceder a sucção gerada pelo jacto. As velocidades de carregamento variam com o tipo de carregador, com o comprimento e diâmetro da mangueira de carregamento e com a pressão do ar, sendo normalmente da ordem de 7 a 9 kg por minuto. Empregam-se sòmente para furos curtos, embora com qualquer orientação.

O segundo tipo ejecta a mistura através de um tubo de carregamento, a partir de um recipiente pressurizado. Regra geral, estes carregadores são pesados e não podem ser fàcilmente transportados em locais apertados, mas são em contrapartida mais robustos. Podem ser utilizados com mangueiras de carregamento de comprimentos até 75 m, sendo todavia as velocidades de carregamento bastante baixas para grandes comprimentos. Na prática, este tipo de carregador não pode ser utilizado em furos ascendentes com inclinação superior a 30°, nem em furos situados de modo que haja um desnível superior a 35 m entre o vaso que contém a mistura e a saída da mangueira. Apesar da velocidade de carregamento ser elevada, atingindo cerca de 25 kg por minuto, não se verifica uma compactação dos grânulos da mistura como no caso dos carregadores do primeiro tipo.

O terceiro tipo de aparelho carregador é mais complexo, constando de um recipiente com pressão suficiente para equilibrar a perda de carga na mangueira de carregamento, a qual é da ordem de cerca de 1/3 da pressão do jacto de ar no dispositivo Venturi que o aparelho inclui. Podem-se utilizar com mangueiras de carregamento com comprimentos até 200 m; tal como no tipo anterior, as velocidades de carregamento são muito mais baixas para grandes comprimentos da mangueira.

Para utilização subterrânea, os carregadores do primeiro tipo parecem ser preferíveis, dado o seu mais baixo preço, a maior simplicidade do seu funcionamento e a facilidade com que se podem manobrar em espaços restritos. Um só homem, transportando um destes aparelhos às costas, pode proceder sòzinho à operação de carregamento. Os depósitos têm capacidades muito variáveis, consoante as possibilidades de

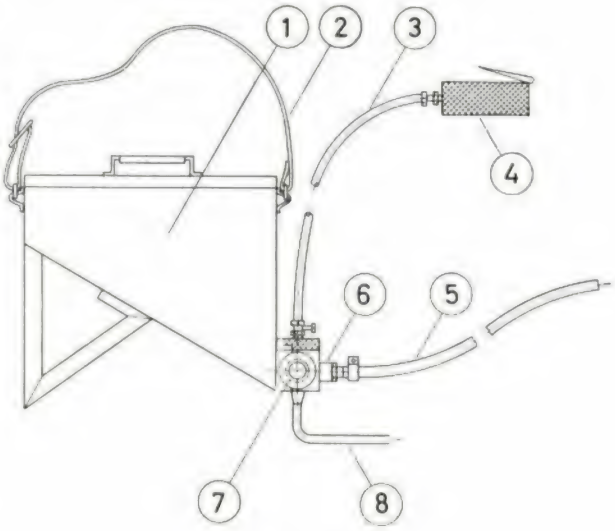


Fig 4

(1) Reservatório
(2) Pega
(3) Mangueira de comando
(4) Válvula de comando
(5) Mangueira de carregamento
(6) Ejector
(7) Admissão do ar
(8) Condutor de ligação à terra

utilização, desde 20 a 250 litros. São fabricantes destes aparelhos, entre outros, a American Cyanamid a E. I. DuPont de Nemours e a Air Placement Equipment (Estados Unidos), a Penberthy Injector (Canadá), a Pneumatisk Transport AB (Suécia) e a Mitsubishi Metal Mining (Japão). As Figs. 4 e 5 representam esquemàticamente aparelhos carregadores fabricados por esta firma japonesa, respectivamente dos dois primeiros tipos atrás descritos.

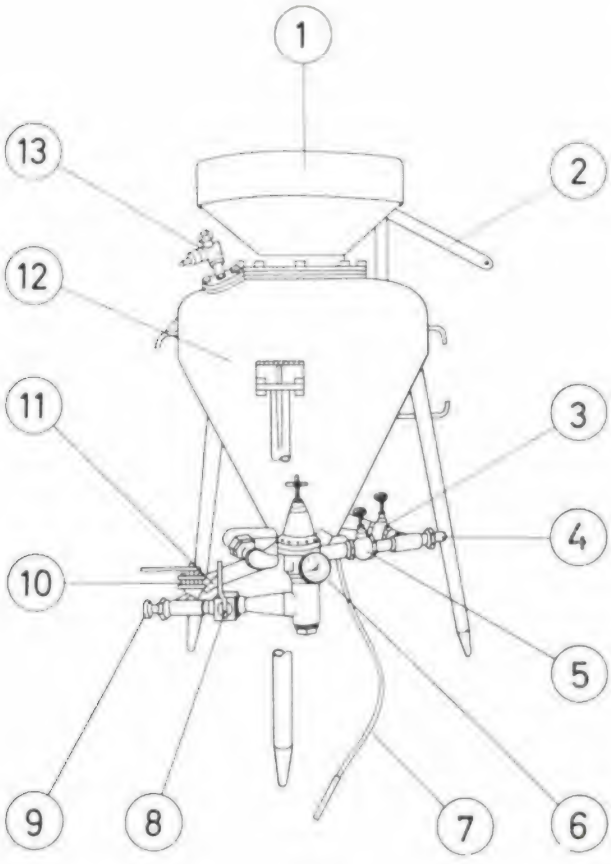


Fig. 5

(1) Funil de enchimento
(2) Alavanca de abertura
(3) Válvula de desvio
(4) Orifício de alimentação
(5) Válvula de entrada de ar
(6) Válvula de redução com manómetro
(7) Condutor de ligação à terra
(8) Torneira de descarga
(9) Orifício de descarga
(10) Torneira de desvio
(11) Manómetro de desvio
(12) Reservatório
(13) Torneira de escape

Estes aparelhos permitem fazer o carregamento das misturas ANFO muito mais ràpidamente que o normal com explosivos encartuchados.

Com este tipo de carregamento não é necessário qualquer atacamento pois permite obter uma densidade de carga dentro dos limites convenientes, pelo que o atacamento teria sempre um efeito insignificante.

Relativamente ao enchimento do furo, verifica-se que um comprimento de carga explosiva de cerca de 2/3 do comprimento total do furo é satisfatório na grande maioria dos casos.

O confinamento da mistura no furo é também um factor decisivo na eficiência obtida, sendo os resultados conseguidos em rochas que proporcionam um bom confinamento, como sejam granitos e quartzitos, francamente superiores aos alcançados em minas de sal e potassa, em que tal não sucede.

Quanto à existência de água nos furos, a experiência parece mostrar que uma reduzida quantidade não tem influência na detonação, protegendo mesmo a mistura de afluxos posteriores de água. Isto verifica-se pelo menos para certos tipos de misturas ANFO que se tornam mais impermeáveis devido à absorção de pequenas quantidades de água, quando instaladas nos furos uma ou duas horas antes do rebentamento; com esta prática a eficiência da mistura não é sensìvelmente afectada, pois se verifica apenas uma pequena segregação de combustível. Porém, a adição de maiores quantidades de água dá sempre origem a uma diminuição da velocidade de detonação, donde resulta uma explosão deficiente ou mesmo impossibilidade de explosão.

Como regra geral, a presença de humidade na mistura, devida a água do furo ou existente no próprio nitrato de amónio, diminui-lhe a potência e a sensibilidade e aumenta a produção de fumos tóxicos, em especial NO_2.

Antes do carregamento, limpam-se geralmente os furos com ar comprimido, utilizando o tubo de carregamento da máquina, a qual costuma estar preparada para o efeito. No caso dos furos terem inicialmente alguma água, convém carregá-los e efectuar o disparo num espaço de tempo o mais curto possível.

Se a água for em quantidade apreciável, estando a escorrer contìnuamente para o furo, aquele procedimento é insuficiente e terão de ser

Senhor Empreiteiro:

A certeza de uma boa margem de lucro reside na combinação de custos de manutenção e operação baixos, grande eficácia e elevada reserva de potência, por parte das suas máquinas.

Tudo isto obterá numa

PÁ CARREGADORA CATERPILLAR

m³

AS PÁS CARREGADORAS DE RODAS CATERPILLAR

são conhecidas em todo o Mundo pelas suas características de robustez, segurança e qualidade de concepção e fabrico

988 — ARTICULADA

5 Baldes com capacidades de 4,21 a 4,97 m³

980 — ARTICULADA

4 Baldes com capacidades de 3,06 a 3,82 m³

966 B — ARTICULADA

10 Baldes com capacidades de 2,10 a 3,82 m³

950 — ARTICULADA

8 Baldes com capacidades de 1,72 a 3,06 m³

944

9 Baldes com capacidades de 1,34 a 3,10 m³

922 B

4 Baldes com capacidades de 1,15 a 2,30 m³

À
S.T.E.T.
Apartado 1351 – Lisboa

TEC

Desejo receber (SEM COMPROMISSO DA MINHA PARTE):

- ☐ Literatura sobre equipamentos **CATERPILLAR**
  Indicar os modelos _____
- ☐ Literatura sobre motores **CATERPILLAR**
  Indicar os modelos _____
- ☐ A visita de um Delegado de Vendas

NOME OU FIRMA _____
PROFISSÃO OU ACTIVIDADE _____
ENDEREÇO _____

CATERPILLAR

Caterpillar, Cat e Traxcavator são Marcas Registadas da Caterpillar Tractor Co.

RECORTE ESTE CUPÃO E ENVIE-O À S.T.E.T. SEM DEMORA

S.T.E.T.

SOCIEDADE TÉCNICA DE EQUIPAMENTOS E TRACTORES, S. A. R. L.
PRIOR VELHO (SACAVÉM) • PORTO • BEJA • COIMBRA

utilizados tubos de plástico para proteger a mistura. Neste caso há duas alternativas de actuação:

1) Enfiar o tubo de plástico na extremidade da mangueira, introduzindo ambos no furo e carregando em seguida. O diâmetro do tubo de plástico utilizado deverá ser ligeiramente superior ao do furo, para não haver o perigo de rebentar durante o carregamento.

2) Encher os tubos de plástico fora do furo e atá-los a intervalos variáveis, consoante as necessidades, de modo a formar «salsichas» que se introduzem nos furos, podendo já ter colocadas no interior as cápsulas detonadoras e as cargas primárias utilizadas como escorva. É claro que, deste modo, a densidade de carregamento é menor que no caso normal de carregamento pneumático directo para dentro dos furos, e será por vezes necessário um certo atacamento, que se dispensava naquele caso.

Para furos zenitais é possível o carregamento do ANFO desde que o valor da pressão fornecida pela máquina seja suficientemente elevado, isto é, entre 2,0 e 3,5 kg/cm^2. Parece ser possível adicionar à mistura uma pequena quantidade de água (menos de 5 % do peso total da mistura), para lhe dar maior plasticidade e melhor adesão à rocha, embora resulte uma diminuição de potência. De acordo com experiências realizadas em Boliden, na Suécia (HENNING, 1961), não há, neste caso dos tiros zenitais, perda de explosivo superior a 5 % entre o carregamento e o disparo. Há ainda a possibilidade de colocar a carga primária (geralmente um cartucho de dinamite) à boca do tiro, sendo a cápsula introduzida em último lugar, o que pode ser conveniente em virtude das cargas eléctricas estáticas que se podem gerar durante o carregamento, mas em contrapartida pode dar lugar à projecção da carga primária antes da explosão se ter propagado a toda a mistura.

Lògicamente, é possível o emprego do ANFO encartuchado, como qualquer explosivo comercial, o que todavia acarreta necessàriamente um considerável aumento de custo, eliminando contudo o problema das cargas eléctricas estáticas, a que nos referiremos adiante.

4.2 — Escorvamento

O escorvamento das misturas ANFO depende essencialmente da operação mineira a executar.

Utilizam-se, na maior parte dos casos, uma cápsula detonadora n.º 8 e um cartucho de dinamite. Alguns autores, empregando dois cartuchos de dinamite em vez de um, verificaram não variar pràticamente a velocidade de detonação da mistura.

Os cartuchos de dinamite são, em regra, colocados no fundo dos tiros, sendo o escorvamento do tipo posterior inverso. O escorvamento anterior é, em princípio, pouco satisfatório, só se devendo aplicar correntemente depois de um número suficientemente grande de experiências que confirmem não haver inconvenientes na sua utilização.

Emprega-se também um tipo de escorvamento misto, como o representado na Fig. 6, quando se utiliza o ANFO encartuchado.

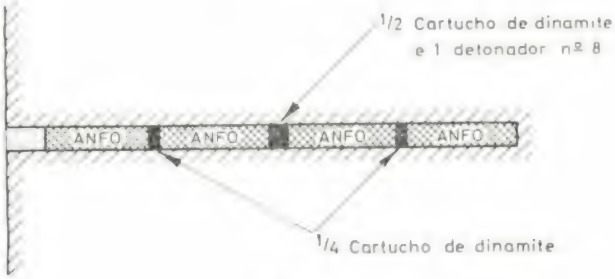


Fig. 6

Segundo alguns autores, os tiros carregados pneumàticamente e a escorvar por meio de uma cápsula eléctrica devem ter escorvamento anterior, devido ao perigo das cargas eléctricas estáticas; neste caso, a escorva terá de ser colocada firmemente apertada de encontro à carga explosiva.

Uma escorva mal colocada, ou fraca, pode modificar grandemente os resultados, em especial em furos de pequeno diâmetro. Deste modo, o escorvamento deve ser sempre suficientemente potente em relação à linha de menor resistência adoptada e ao tipo de rocha em causa, em particular para se evitar a produção de excessivos fumos tóxicos. Esta potência tanto díz respeito à cápsula detonadora, que deve ser n.º 8 do tipo comercial, como ao explosivo primário, que convém ser dinamite.

A utilização de cordão detonante, muito frequente em furos de diâmetro apreciável (6 cm ou mais) em pedreiras, não parece ser muito aconselhável para furos de pequeno diâmetro, provàvelmente por o seu rebentamento conduzir a densidades de carga fora dos limites admissíveis. Convém acrescentar que um cordão detonante simples, com 10-12 g/m, é sempre insuficiente para o escorvamento da mistura, sendo necessário utilizar um cordão com, pelo menos, 20 g/m ou, então, improvisar um cordão duplo, ligando com fita adesiva dois cordões simples, de 12 g/m cada.

É de referir também a utilização muito frequente de dinamite associada ao ANFO, mas como verdadeira carga de fundo. LANGEFORS (1961) recomenda a utilização do esquema que consta da Fig. 7, para o arranque em degraus.

Um pormenor de certa importância, no que respeita ao escorvamento, consiste na necessidade de eliminação do vazio existente em torno da escorva, no caso do seu diâmetro ser francamente inferior ao do furo, o que se faz rodeando-a de mistura ANFO.

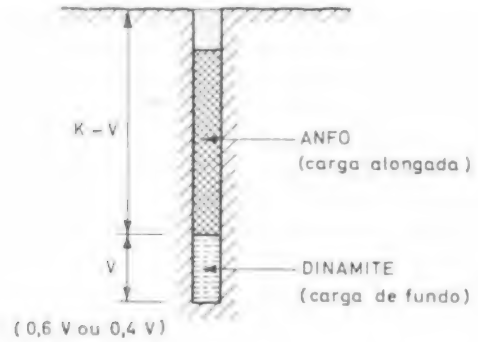


Fig. 7

Finalmente, refere-se que a experiência mostra que o nitrato de amónio, em particular do tipo *prilled*, reage de modos diversos a diferentes tipos de escorvamento.

5 - PRODUÇÃO DE FUMOS TÓXICOS

Como é sabido, a quantidade de fumos produzidos por um explosivo depende da quantidade empregada e das condições locais. Porém, enquanto que no caso dos explosivos convencionais encartuchados, com uma composição fixa, os fumos são pràticamente constantes, podendo ser avaliados pelos dados do fornecedor, para a mistura ANFO, que não é fabricada em série e que não é muito estável, a composição dos fumos é variável.

Os gases tóxicos produzidos na detonação do ANFO são, fundamentalmente, os óxidos de carbono e os óxidos de azoto, incluindo-se nestes últimos o óxido nitroso (N_2O), o óxido de azoto (NO), o dióxido de azoto (NO_2), o trióxido de azoto (N_2O_3), o tetróxido de azoto (N_2O_4) e o pentóxido de azoto (N_2O_5).

Os óxidos de azoto são os componentes mais perigosos dos fumos; por razões de segurança, exprimem-se normalmente em dióxido de azoto (NO_2), o mais perigoso de todos pela sua toxicidade.

O tetróxido de azoto (N_2O_4) é um polímero do NO_2, formando com ele misturas em que as percentagens dos dois gases variam apreciàvelmente em virtude da sua transformação recíproca por variação da temperatura. Assim, a 40°C, a mistura consistirá em cerca de 30 % de NO_2 e 70 % de N_2O_4, sendo nesta proporção que os dois gases actuam na respiração.

O óxido nitroso, por seu turno, não tem qualquer acção irritante, a não ser que exista em concentrações extremamente elevadas, completamente improváveis. O seu único perigo poderia ser o contribuir para asfixia.

O óxido de azoto, por si só, não tem também quaisquer propriedades irritantes para o ser humano. Contudo, oxida-se fàcilmente dando dióxido de azoto.

O trióxido de azoto (N_2O_3) dissocia-se completamente às temperaturas ordinárias, resultando NO e NO_2.

O pentóxido de azoto (N_2O_5) raramente se encontra, devido, por um lado, ao facto de se hidratar, dando vapores de ácido nítrico, e por outro, por ser muito instável e sensível ao calor, decompondo-se em NO_2 e O_2.

A produção de óxido de carbono (CO) na detonação das misturas ANFO é inferior à dos explosivos comerciais correntes e em particular à da dinamite, pelo que os possíveis perigos de envenenamento não resultam em geral dele, mas sim dos óxidos de azoto.

Nas minas da África do Sul realizaram-se ensaios em que se fizeram colheitas dos gases pro-

duzidos pelas misturas ANFO, ensaios esses que permitiram tirar as conclusões seguintes:

1) Para a diluição, até teores aceitáveis, dos gases nocivos produzidos pelo ANFO, é necessário, desde que se utilize um caudal de ventilação razoável (da ordem de 300 a 400 m^3/min, nos casos estudados), um intervalo de tempo de cerca de 45 minutos, que é mais prolongado que o correspondente ao caso da utilização da dinamite (cerca de 20 minutos).

2) A produção de CO é de 12,5 l/kg de ANFO e 31 l/kg de dinamite com 60 % de nitrato de amónio, ao passo que a produção de NO_2 é de 12,5 l/kg de ANFO e também de 12,5 l/kg daquela dinamite. Porém, como o consumo específico de ANFO é sempre francamente superior ao da dinamite, a produção absoluta de NO_2 acaba por ser nìtidamente superior pois, considerando a produção de fumos por furo, o ANFO produz cerca de metade do CO, mas mais 50 % do NO_2 produzido pela dinamite referida.

3) O ANFO fabricado com nitrato de amónio do tipo poroso produz uma quantidade de fumos inferior, embora ligeiramente, à resultante das misturas com nitrato do tipo denso, que é o corrente na África do Sul.

É evidente que estas conclusões só podem considerar-se inteiramente válidas para as condições das experimentações realizadas.

As condições fundamentais para que os fumos sejam normais são: percentagens convenientes dos componentes; mistura bem feita, isto é, homogénea; mistura seca, aplicada em furos secos; escorvamento suficiente; linha de menor resistência não exagerada.

Quanto à primeira condição, a Fig. 1 é muito esclarecedora e permite concluir, por um lado, que a percentagem de 5,5 % de *fuel-oil* na mistura é a energèticamente mais favorável e vantajosa sob o ponto de vista dos fumos, por outro, que uma percentagem de *fuel-oil* inferior a 4 % é perigosíssima no que respeita aos fumos produzidos.

Segundo alguns autores (VAN DOLAH, MURPHY e HANNA, 1961), a percentagem de CO aumenta se a mistura é deficiente em oxigénio, isto é, se tem excesso de *fuel-oil*, não havendo nesse caso redução apreciável na produção de óxidos de azoto; um excesso de oxigénio aumenta a produção de NO_2, não trazendo a redução associada de CO, em virtude da diferença de toxicidade entre o NO_2 e este gás, uma segurança compensadora.

Quanto à segunda condição — homogeneidade da mistura — é, evidentemente, imprescindível que atinja um certo grau, para que a reacção se dê e seja completa. O aparecimento de fumos amarelos e castanhos, depois dos disparos, indica que a combustão foi incompleta ou pobre.

Relativamente à terceira condição, alguns autores constataram que a presença de humidade nas misturas ANFO aumenta a produção de fumos tóxicos, em especial de NO_2.

No que se refere à escorva, quanto mais fraca ela for, maior será a quantidade de NO_2 produzida em todas as misturas. Os próprios detonadores, se forem fracos, por exemplo do tipo fulminato-clorato, levam à produção de mais fumos.

A linha de menor resistência não deve ser excessiva para que o explosivo possa actuar eficazmente, propagando-se a detonação com uma velocidade que se situe dentro dos limites convenientes.

O problema da toxicidade dos fumos põe-se, evidentemente, só para a aplicação subterrânea do ANFO. A este respeito, foi publicado nos Estados Unidos um conjunto de recomendações — «*Safety recomendations for sensitized amonium nitrate blasting agents*» (U. S. BUREAU OF MINES, 1963) — em que se focam principalmente os aspectos seguintes:

a) A preparação da mistura deve ser cuidadosa e, por outro lado, não convém que seja feita no fundo; deverá utilizar-se uma composição que minimize a produção de fumos tóxicos, sendo aconselhável recorrer-se a meios mecânicos eficientes de mistura para a obtenção de composições uniformes.

b) Devem ser tomadas todas as razoáveis precauções para excluir humidade da mistura explosiva, tanto mais que a água, além de aumentar a produção de fumos tóxicos, diminui a sensibilidade da mistura.

c) A ventilação da mina deve ser prevista de modo a remover convenientemente os fumos tóxicos provenientes das operações de arranque.

d) Depois dos disparos, não se deve proceder à remoção dos escombros sem que a concentração de gases tóxicos se tenha reduzido a um

nível de segurança que corresponde a 0,0005 % e 0,01 %, respectivamente para o NO_2 e para o CO.

Para concluir, assinala-se que, segundo alguns autores sempre que haja detonação perfeita, isto é, com velocidade óptima, os fumos produzidos pelas misturas ANFO são normais e semelhantes, quanto à nocividade, aos da dinamite e de outros explosivos comerciais.

6 — UTILIZAÇÃO EM FUROS DE PEQUENO DIÂMETRO

A utilização em furos de pequeno diâmetro constitui uma das poucas dificuldades inerentes às misturas ANFO. Com efeito, verifica-se que, quanto menor é o diâmetro dos furos, menor é a velocidade de detonação da mistura e, portanto, maiores as possibilidades de tiros falhados.

Há necessidade imperiosa de a mistura ser bastante perfeita pois, de contrário, a detonação poderia não se propagar por falta da composição conveniente na totalidade de zonas transversais do furo. É indispensável, igualmente, que os componentes da mistura sejam muito bem doseados. Também a densidade de carga deve ser conveniente; sabendo-se que pode variar entre 0,90 e 1,20 g/cm^3, consoante os tipos de nitrato e de combustível usados, convém fixar, para cada caso particular, o valor óptimo, ou, melhor dizendo, o intervalo de valores mais conveniente. Uma densidade de carga excessiva «abafa», por assim dizer, a reacção explosiva, conduzindo a uma detonação pobre.

Todos os outros factores já referidos, como sejam a granulometria e o tipo de nitrato de amónio, a escorva utilizada, o comprimento dos furos, a humidade existente na mistura ou a água dos furos, têm, neste caso dos furos de reduzido diâmetro, uma influência apreciável na propagação da detonação.

A ordem de grandeza do diâmetro, a partir do qual começam a surgir dificuldades, é de avaliação delicada, dependendo bastante das características da rocha a arrancar. Pode afirmar-se que deve ser da ordem dos 50 mm.

O diâmetro mínimo também não é fácil de estabelecer, mas deve situar-se entre 24 a 28 mm, isto porque o diâmetro crítico é de cerca de 20 a 23 mm, como já se referiu.

7 — SEGURANÇA

Sendo o ANFO um explosivo detonante, embora secundário, isto é, só detonando quando activado por uma onda de choque produzida por outro explosivo, devem-lhe ser aplicadas normas de segurança idênticas às relativas ao uso dos explosivos detonantes correntes; de resto, a sua pequena sensibilidade ao impacto pode dar origem a uma falsa sensação de segurança que convém evitar.

Vamos referir algumas dessas normas:

1) *Quanto à composição da mistura:*

— A percentagem de combustível deve-se manter entre 4,5 e 7,0 %.

— Não devem ser utilizados combustíveis líquidos com ponto de inflamação inferior a cerca de 50°C, nem contendo componentes muito voláteis, pois os vapores libertados provocariam fàcilmente incêndios e mesmo explosões; devem ser por isso excluídos a gasolina e o petróleo corrente.

— Nunca se deve usar nitritos e cloratos em substituição do nitrato.

— Não convém misturar pós metálicos (Al ou Mg), enxofre, percloratos, nitroglicerina, etc., para aumentar a sensibilidade da mistura.

2) *Quanto à preparação da mistura:*

— As centrais de preparação, quando as haja, devem estar situadas em locais isolados.

— As máquinas misturadoras e os recipientes de transporte devem ser constituídos por materiais compatíveis com as propriedades agressivas do nitrato de amónio, sendo de evitar, em especial, o zinco e o cobre; convém utilizar, de preferência, o alumínio.

3) *Quanto ao carregamento:*

— Durante a operação de carregamento, sobretudo se os furos forem compridos, a velocidade de carregamento grande e a pressão da máquina elevada, há fortes possibilidades de se gerarem cargas eléctricas estáticas, as quais podem provocar um início prematuro da explosão da mistura. Para o evitar, o equipamento pneumático de carregamento deve ter possibilidade de dissipar

essas cargas eléctricas; com este fim deve ser ligado à terra, mas não por meio de tubagens de água ou de ar comprimido, ou dos carris de vias férreas. Existem no mercado dispositivos especiais para este fim, por exemplo os fabricados pela firma *Gates Export*.

— A mangueira utilizada deve, por seu lado, ser do tipo semi-condutor.

— É conveniente que o pessoal carregador use equipamento de protecção da pele, embora não haja grande perigo de queimaduras.

4) *Quanto ao escorvamento:*

— O escorvamento deve ser sempre suficiente, para que se evitem produção excessiva de fumos tóxicos e detonações deficientes.

5) *Quanto ao transporte:*

— Não deve ser feito juntamente com ácidos ou outros líquidos corrosivos.

— Não se deve utilizar veículos de transporte de passageiros para transportar o ANFO ou o nitrato.

— Os veículos de transporte devem estar munidos de extintores de anidrido carbónico ou produtos químicos secos.

— Deve ser interdito fumar e mesmo possuir fósforos, quando do transporte daqueles produtos.

6) *Quanto ao armazenamento:*

— O armazenamento de nitrato de amónio deve ser feito em condições idênticas ao de outros explosivos, isto é, em edifício próprio, seco, bem ventilado e mantido sempre bem limpo.

— O combustível deve ser armazenado em local separado.

— Deve-se evitar um armazenamento prolongado do ANFO, a menos que se tenha comprovado com garantia que não haverá segregação ou evaporação de combustível. Os factores principais que implicam esta segregação são: tipo e densidade do nitrato de amónio, tipo e quantidade do seu revestimento, viscosidade do combustível e respectiva tensão de vapor.

— Todos os recipientes contendo misturas ANFO devem indicar exteriormente o seu conteúdo, sendo norma corrente em muitas minas serem pintados de cor laranja.

7) *Quanto à utilização:*

— É proibido o seu emprego em minas de carvão.

— Os tiros falhados devem ser encarados como se se tratasse de tiros carregados com dinamite.

— Na utilização subterrânea, a ventilação deve ser forçada e a remoção dos escombros só deve ser feita quando a concentração de gases nocivos já não for perigosa.

Uma das principais vantagens das misturas ANFO é a de que tanto o nitrato de amónio como o combustível, por si sós, antes de misturados, não são explosivos e, à parte os cuidados a ter para evitar a sua inflamação, não fumando nem fazendo lume, não apresentam qualquer perigo, ao contrário do que sucede com os explosivos comerciais correntes.

8 — CUSTOS

O grande êxito da utilização das misturas ANFO deve-se ao seu baixíssimo preço de custo.

Assim, na Suécia, um dos países onde o seu emprego está mais desenvolvido, o preço das misturas ANFO é, por quilograma, de cerca de 1/4 do preço dos explosivos convencionais de dinamite. Nos Estados Unidos a economia de custo é da mesma ordem de grandeza.

Todavia, é necessário ter em conta a amortização do capital empatado e os custos de manutenção das máquinas de mistura e carregamento e ainda um ligeiro aumento no consumo de ar comprimido (carregamento pneumático). Apesar disto, a economia é apreciável, tanto no custo de materiais como no de mão de obra, por tonelada de rocha arrancada. Segundo resultados obtidos na prática a céu aberto, consegue-se, com a utilização de misturas ANFO, uma economia de pelo menos 40 % nas operações de arranque, o que se reflecte numa economia de cerca de 25 % no conjunto das operações de desmonte.

É de realçar, por outro lado, uma importante economia de tempo nas operações de carregamento, evidentemente desde que se utilize o carregamento pneumático.

9 — RESULTADOS PRÁTICOS

9.1 — Aplicação em minas subterrâneas (furos de pequeno diâmetro)

É justo salientar, em primeiro lugar, a aplicação feita nas minas de Boliden, na Suécia, pioneiras do emprego das misturas ANFO na Europa.

Depois de terem conseguido bons resultados nas explorações a céu aberto, as minas de Boliden passaram a utilizar o ANFO nas explorações subterrâneas, também com apreciável êxito, mesmo tendo em conta que utilizaram sempre nitrato de amónio do tipo cristalino.

O quadro seguinte apresenta alguns dos resultados obtidos.

	Mina de Langsele	Mina de Renstrom
Método de desmonte	*Sub level stoping*	*Cut and fill stoping*
Linha de menor resistência	1,50 m	0,60 m
Espaçamento dos furos	2,50 m	1,50 m
Comprimento dos furos	12 — 15 m	4 — 6 m
Inclinação dos furos	90°	75°
Diâmetro dos furos	34 — 36 mm	22 — 28 mm
Tipo de máquina de mistura	BLA - 50	BLA-50
Comprimento do tubo de carregamento	25 m	15 m
Pressão média da máquina	3,5 $kgcm^{-2}$	1,5 $kgcm^{-2}$
Pressão máxima da máquina	?	2,0 $kgcm^{-2}$
Carga por metro de furo	1,40 — 1,45 kg	0,80 kg
Densidade da carga explosiva	1,20-1,30 $kgdm^{-3}$	1,20 $kgdm^{-3}$
Número de operadores	2	2

Também na Suécia, a Companhia LKAB utiliza o ANFO na mina de Kiruna em que o método de exploração é por sub-níveis desabados, com uma distância vertical de 9 a 13,5 m entre sub-níveis; a furação é de 45 mm de diâmetro, sendo o ANFO utilizado em associação com um explosivo comercial *(Dynalite)*, numa proporção de 5 para 1, em peso.

Nos Estados Unidos, a Anaconda Company utilizou misturas ANFO nalgumas das suas minas subterrâneas, com carregamento pneumático, em furos de 35 e 41 mm de diâmetro, com escorvamento posterior feito por meio de um cartucho de *Gelex No. 2* ou de outro explosivo gelatinoso. Obtinha boa quebragem e economias da ordem de 40 a 50 %.

Por seu turno, a International Salt Company, com carregamento pneumático e escorvamento eléctrico anterior, obteve também economia apreciável em furos de 41 mm de diâmetro, nos seus desmontes subterrâneos.

No Canadá, a Hollinger Consolidated Gold Mines, Ltd., também com carregamento pneumático e escorvamento posterior, ou anterior, obteve melhor fragmentação da rocha do que com os explosivos comerciais correntes, e uma economia de cerca de 35 % em relação ao emprego destes últimos.

Na África do Sul, tem-se utilizado, em várias minas, misturas ANFO em furos com diâmetros desde 25 mm, tendo-se chegado à conclusão de que uma substituição de cerca de 80 % dos explosivos correntes de nitroglicerina por ANFO conduziria a uma economia muito grande para a indústria mineira sul-africana (cerca de 30 mil contos na nossa moeda), no caso de ser utilizado o nitrato de amónio do tipo denso, que é o corrente na África do Sul. Sendo possível o emprego de nitrato do tipo poroso, a economia resultante poderia ser ainda mais substancial.

Na Rodésia, na mina Sutton da Rhodesian Vanadium Corporation, em furos com 38 mm de diâmetro e 1,80 m de comprimento, em rochas serpentiníticas e doleríticas, também se conseguiu economia apreciável, mesmo utilizando o explosivo encartuchado.

Nas Filipinas, as Philippine Iron Mines obtiveram em rochas brandas, com carregamento pneumático e escorvamento posterior, apreciável economia e melhores resultados que os obtidos com dinamite.

Na Austrália, na mina Great Boulder, a substituição quase total dos explosivos de nitroglicerina por ANFO, permitiu:

1) Uma economia apreciável no custo directo.

2) A aplicação com êxito em furos de pequeno diâmetro (27-28 mm) com perfuração e carregamento mais rápidos.

3) Uma melhoria da fragmentação, obrigando contudo a um controle da produção de finos.

Constatou-se ainda que os fumos resultantes não eram necessàriamente nocivos.

9.2 — Aplicação em explorações a céu aberto (furos de diâmetro médio ou elevado)

As misturas ANFO estão muito generalizadas, podendo-se afirmar que uma grande maioria das pedreiras modernas, de elevada produção, as utilizam em virtude da simplicidade do seu fabrico e emprego, da segurança no seu manuseamento e do seu baixo custo.

9.3 — Aplicação no taqueamento

Designa-se por taqueamento a fracturação de blocos provenientes do arranque.

A utilização do ANFO nesta fragmentação secundária não tem conduzido a bons resultados, talvez devido à falta de confinamento que nestas condições se verifica.

10 — CONCLUSÕES

As misturas ANFO constituem um explosivo de grande interesse mineiro, acima de tudo pela sua apreciável vantagem económica.

Os maiores inconvenientes da utilização do ANFO são, em contrapartida, a sua relativamente baixa velocidade de detonação e as dificuldades que se encontra no carregamento e disparo de furos molhados. Por estas razões, nota-se tendência, nas grandes explorações a céu aberto em que se utilizam furos de grande diâmetro, para a sua substituição pelos chamados *slurries* (explosivos lamacentos, constituídos essencialmente por nitrato de amónio, alumínio em pó, TNT e água). Contudo, a aplicação deste último explosivo encontra-se ainda limitada àquele tipo de explorações.

AGRADECIMENTO

O autor deseja deixar expresso o seu mais sincero agradecimento ao Ex.mo Sr. Prof. Fernando de Mello Mendes, pelo seu estímulo e colaboração, sem os quais a publicação deste trabalho não teria sido possível.

BIBLIOGRAFIA

Ahlmann, H. e Casper, J. (1961). How Kiruna learned to use Ammonium Nitrate-Oil for safe blasting underground. *World Mining*, Vol. 14, N.º 11, p. 26-31.

Bailey, D. T., Clay, R. B, Cook, M. A. e Pack, D. H. (1961). Slurry explosives underground. *In* Mining Research, editado por G. B. Clark, Pergamon Press, London.

Borthwick, A. B. (1965). Le marteau BBE 51 et le nitrate d'ammonium dans la foration et le sautage des roches dures. *L'air comprimé*, N.º 44.

Bullock, R. L., Bilheimer, L. e Yancik, J. J. (1961). Research on the underground application of ammonium nitrate-fuel oil mixtures in small diameter holes. *In* Mining Research, editado por G. B. Clark, Pergamon Press, London.

Clark, G. B., Bruzewski, R. F., Stites, J. G., Lyon, J. E e Yancik, J. J. (1961). Performance parameters of densified microprilled ammonium nitrate-fuel blasting agents. *In* Mining Research, editado por G. B. Clark Pergamon Press, London.

Grange, G. H. (1964). The problems involved in the introduction of ANBA to South African Gold Mines. *Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy*, Vol. 64, N.º 12, Part II. p. 664-672.

Grange, G. H. e Lambooy, P. (1964). The development of the use of ANBA in mining. *Journ. South African Inst. Min. Met.*, Vol. 64, N.º 12, Part II, p. 651-663.

Grubb, R. J. (1961). Some factors influencing the explosive properties of ammonium nitrate-fuel mixtures. *In* Mining Research, editado por G. B. Clark, Pergamon Press, London.

Hawke, F. (1964). The development of ammonium, nitrate blasting agents as industrial explosives. *Journ. South African Inst. Min. Met.*, Vol. 64 N.º 12, Part II, p. 639-650.

Henning, U. (1961). Blasting with ammonium nitrate fuel oil explosives underground at Boliden. *In* Mining Research, editado por G. B. Clark, Pergamon Press, London.

Hino, K. e Yokogawa, M. (1961). Ammonium nitrate-fuel-surfactant explosives — Their fundamentals and performance. *In* Mining Research, editado por G. B. Clark, Pergamon Press, London.

Isaak, C. J. (1964) Some economic implications of the direct substitution of conventional explosives by ANBA on Witwatersrand gold fields. *Journ. South African Inst. Min. Met.*, Vol. 64, N.° 12, Part II, p. 729-744.

Isaak, C. J. (1964). A preliminary code of practice for the use of ANBA underground. *Journ. South African Inst Min. Met.*, Vol 64, N.° 12, Part II, p. 745-751.

Langefors, U. (1961). Bench blasting with An-explosives. *In* Mining Research, editado por G. B. Clark, Pergamon Press, London.

Macgillivray, R. B. e Munro, A. H. (1964). Field trials upon which an economic appraisal of the use of ANBA may be based, *Journ. South African Inst. Min. Met.*, Vol. 64, N.° 12, Part II, p. 673-696.

Maurer, W. C. (1963). Detonation of ammonium nitrate in small drill holes. *Quarterly of the Colorado School of Mines*, Vol. 58, N.° 2.

Ryon, Jr, J. L, (1961). Underground use of ammonium nitrate-fuel oil explosives *Mining Engineering*.

Ryon, Jr., J. L. e Singhal, R. K. (1967). Mining at International Salt. *Mining & Minerals Engineering*, Vol. 3, N.° 4, p. 131-141.

Saffy, A. A., Johnston, H. A. e Mulke, H. C. (1964). The efficiency of ANBA in comparison with conventional explosives — Some preliminary observations. *Journ. South African Inst. Min. Met.*, Vol. 64, N.° 12, Part II, p. 697-728.

Singhal, R. K. (1965). Explosives for Surface Mining *Mining Magazine*, Vol. 112, N.° 6, p. 372-381.

Sutton, D. e Pugsley, T. F. (1964). Ammonium nitrate--fuel oil blasting agents. *Mining Magazine*, Vol. 110, N.° 3.

U. S. Bureau of Mines (1963). Safety recommendations for sensitized ammonium nitrate blasting agents. *In* Bureau of Mines Information Circular 8179.

Van Dolah, R. W., Murphy, E. J. e Hanna, N. E. (1961). Fumes from ammonium nitrate-hydrocarbon mixtures. *In* Mining Research, editado por G. B. Clark, Pergamon Press, London.

Literatura comercial e diversa

Mitsubishi Metal Mining Co, Ltd. AN-FO Charging Equipment — Best Charger, Gun Charger, Super Loader.

Monsanto Chemical Company. (1960). The uses, performance and economies of AN-Fuel oil mixtures in mining, quarrying and construction. Monsanto Chemical Company Technical Bulletin AG-2.

Spencer Technical Data Sheet. Development and application of ammonium nitrate-fuel blasting agents to underground mining.

Spencer Technical Data Sheet. Health hazards of oxides of nitrogen.

World Mining (1962). How AN-FO blasting will save you money in your underground mine. *World Mining*, Vol. 15, N.° 8, p. 24-27.

Resumos dos artigos publicados na Técnica n.º 377

Ano XLIII — Abril 1968

João Figanier — C. D. U. 621.371.029.63 : 518.566

Relação entre a estrutura da troposfera e a propagação para além do horizonte

Técnica No. 377 — XLIII — 4. 1968, pág. 381-392.

O presente artigo tem carácter introdutório. Nele é indicada a relação entre a estrutura fina da troposfera representada por uma função de correlação espacial ou pelo correspondente espectro de potência e a secção eficaz de dispersão para as ondas decimétricas. Descrevem-se muito brevemente alguns modelos de estrutura fina da troposfera e métodos experimentais destinados a verificá-los.

José Folque — C. D. U. 627.824.3 (042)

Anotações sobre barragens de terra

Técnica No. 377 — XLIII — 4. 1968, pág. 409-430.

Apresentam-se considerações sobre critérios de escolha do tipo do perfil-zonado ou homogéneo - e discute-se o critério de dimensionamento de filtros e de outros dispositivos para controle das percolações no corpo e na fundação das barragens.
Descrevem-se os métodos correntes de dimensionamento de taludes, com especial sublinhado em relação aos métodos mais recentes. Discute-se a possibilidade de introduzir novos métodos em que se atenda à reologia dos materiais constituintes dos maciços.
Fazem-se considerações sobre as operações de reconhecimento das manchas de empréstimo e sobre os ensaios de determinação de características mecânicas.
Aborda-se o problema do controle de compactação e, por fim, descrevem-se os aparelhos utilizados para observação do comportamento de barragens.

J. Madeira Costa — C. D. U. 624.072.2 [539.413]

Dimensionamento à flexão simples, de secções de betão armado em relação à rotura

Técnica No. 377 — XLIII — 4. 1968, pág. 393-400.

Apresenta-se um estudo sobre o dimensionamento à rotura de secções de betão armado simplesmente armados de acordo com o actual Regulamento de Estruturas de Betão Armado.

Fernando Sobral — C. D. U. 622.235.24

Explosivos de nitrato de amónio e fuel-oil (ANFO)

Técnica No. 377 — XLIII — 4. 1968, pág. 431-446.

Pretende-se com este artigo de divulgação, não só chamar a atenção para as vantagens, sobretudo económicas da utilização do ANFO, como também referir alguns problemas que é necessário resolver para a obtenção dos melhores resultados práticos com este explosivo.

Maria J. Silvério
Maria L. Freire — C. D. U. 543.244.6 [546.41 : 546.46]

Determinação complexométrica do cálcio e do magnésio em dolomites

Técnica No. 377 — XLIII — 4. 1968, pág. 401-407.

Estuda-se a determinação complexométrica de cálcio e magnésio em presença de ferro, alumínio e manganês e a eliminação de interferências por complexação, por precipitação e por extracção com solventes orgânicos. Comparam-se os resultados obtidos e os desvios encontrados. Aplicam-se os métodos à determinação do cálcio e do magnésio em dolomites.

Synopsis of articles published in «Técnica» nº 377

XLIII — April 1968

José Folque — UDC 627.824.3 (042)

Notes on earth dams

Técnica No. 377 — XLIII — 4. 1968, pp. 409-431.

The author discusses criteria of choice of the profile zoned or homogeneous — and criteria of design of filters and other arrangements for controling percolation in the body and the foundation of dams.
Conventional slope design methods are described, in special the most recent methods. The possibility of using new methods in which the rheology of the component materials of the embankments is taken into account is considered
The survey of borrow zones and the tests for determining the mechanical characteristics of the borrowed material are discussed.
The problem of compaction control is briefly considered and the instruments used in the observation of dams are described.

João Figanier — UDC 621.371.029.63 : 538.566

Relation between the structure of troposphere and the transmission beyond the horizon

Técnica No. 377 — XLIII — 4. 1968, pp. 381-392.

The present paper is introductory in character. In it the relation between the fine structurs of the troposphere as given by a spatial correlation function or the corresponding power spectrum and the scatter cross-section for decimeter wavelengh is obtained A very brief description of some models of the fine structure of the troposphere and of some experimental methods used to verify them comes next.

Fernando Sobral — UDC 622.235.24

Amonium nitrate and fuel-oil explosives

Técnica No. 377 — XLIII — 4. 1968, pp. 431-446.

The author wishes with this divulgence paper, not only to call the attention to the advantages, especially the economical ones, of the use of ANFO, but also to mention some problems that it is necessary to solve in order to obtain the best practical results with this explosive.

J. Madeira Costa — UDC 624.072.2 [539.413]

Simple bending ultimate design of reinforced concrete sections

Técnica No. 377 — XLIII — 4. 1968, pp. 393-400.

This paper presents a general method to design rectangular and T beams of reinforced concrete using ultimate-strength criterion.

Maria J. Silvério
Maria L. Freire — UDC 543.244.6 [546.41 : 546 46]

Complexometric determination of calcium and magnesium in dolomites

Técnica No. 377 — XLIII — 4. 1968, pp. 401-407.

Calcium and magnesium chelatometric determinations in presence of iron, alumium and manganese are studied. Masking, precipitation and solvent extraction are used to eliminate the action of interfering metals. Results and deviations are compared. The methode were studied for dolomites.

BIBLIOGRAFIA

Classificadores responsáveis: Botto Pimentel, Monteiro da Silva, Rui Torrinha, Ramos Correia e Sílvio Casal.

Serão criticadas as obras cujo assunto esteja no âmbito da «Técnica» e de que nos sejam enviados dois exemplares.

As revistas recebidas na Redacção, de que se publica uma selecção de fichas de artigos ordenadas pela Classificação Decimal Universal, podem ser consultadas na Biblioteca da A.E.I.S.T.

ARTIGOS DE REVISTAS

C. D. U. 532.5

Résultats de travaux expérimentalle récents sur les écoulements diphasiques en milieu poreux — *A. Houpeurt* e *R. Iffly.*

La Houille Blanche, 5-1967, n.º 5, pág. 567.

A insuficiência do significado cinemático da lei de Darcy.

Discussão do mecanismo de substituição de um gás por outro à luz dos resultados experimentais obtidos em escoamentos gás-líquido a diversas velocidades.

C. D. U. 534.414 : 534.62

Tuyaux résonnants utilisés comme sources acoustiques à rayonnement sphérique pour l'essai des locaux de mesures acoustiques — *Ploner Bruuo*

Rev. Brown Boveri, t. 53 (1966), n.º 9, pág. 592-599

C. D. U. 551.482.212.3

Avaliação do caudal sólido em escoamentos unidireccionais — *Cunha, L. V.*

Fomento (Lisboa) 6 (1) : 21-64, 1968.

A medição de caudal sólido em rios e canais interessa em grande número de problemas hidráulicos e o progresso da hidráulica dos escoamentos com fronteira móvel está decisivamente condicionado pela possibilidade de dispor de técnicas de medição suficientemente exactas. Nesta publicação passa-se em revista a aparelhagem que tem sido utilizada na medição directa ou indirecta de caudal sólido — por arrastamento e em suspensão — fazendo-se a apreciação das vantagens e inconvenientes de cada tipo de aparelho de acordo com as circunstâncias de utilização. Paralelamente descrevem-se as diversas técnicas de medição de caudal sólido e fez-se uma crítica comparativa. Analisam-se também os problemas do número e localização dos pontos de recolha de amostras e ainda da frequência de recolha de cada ponto, quando se utilizam os métodos directos. Estes problemas condicionam fortemente a economia das campanhas de medição de caudal sólido. Por fim indicam-se as formas de calcular o caudal sólido a partir dos resultados das medições dos métodos directos e indirectos. Entre os métodos indirectos faz-se referência especial aos métodos recentes que utilizam os marcadores radioactivos ou luminescentes para obter resultados quantitativos relativos ao transporte sólido. Sendo esta publicação essencialmente destinada aos responsáveis pela orientação de campanhas de medição de caudal sólido e pela elaboração e interpretação dos resultados das medições, pareceu útil incluir também algumas referências ao mecanismo físico do transporte sólido e aos principais critérios de avaliação de caudal sólido sem recorrer a medições.

C. D. U. 621.311.1 : 621.316.13 : 621.3.027.81/88

Instalaciones de maniobra de alta tension — un elemento importante en la transmissión de energia — *Peter Kulik.*

AEG al dia, 1967, n.º 1, pág. 55-63.

Dão-se informações sobre a estrutura das instalações de manobra nas redes a 220 kV e 380 kV da rede alemã, assim como se dão algumas indicações sobre a constituição das instalações de manobra de 750 kV.

C. D. U. 620.1 : 621.74

Qualidade e confiança em peças fundidas — controlo de defeitos — *J. L. Francis.*

Fundição — Revista A. P. F., 1967, n.º 22, pág. 17.

O autor salienta as principais causas do aparecimento de defeitos explicando formas de os evitar, e na segunda parte do texto descreve o processo da inoculação no ferro fundido fornecendo amplos elementos sobre a teoria e a prática oficinal do mesmo.

C. D. U. 621.313.25 : 621.039

La Central Nuclear de Gundremmingen — *Rudolf Jaerchky* e *Bernhard Lirtner.*

AEG al dia, 1967, n.º 1, pág. 6-16.

Explicam-se as características essenciais do reactor de ebulição de dois circuitos e a disposição dos postes de instalação mais importantes.

Publicidade com critério.

Anuncie na

técnica REVISTA DE ENGENHARIA

CONSTRUÇÕES CIVIS

•

BETÃO ARMADO E PRE-ESFORÇADO

•

CARPINTARIA MECÂNICA

•

TRABALHOS DE PINTURA E ESTUQUES

Rua Dr. Alexandre Braga, 4-A

Telefones:

P. P. C. A. 56 00 51

End. Telegráfico: «CONSTRUÇÃO»

Depósito de Materiais:

Estrada de Moscavide, 17-19

Telefone 38 90 72

LISBOA

Oficina e Laboratórios

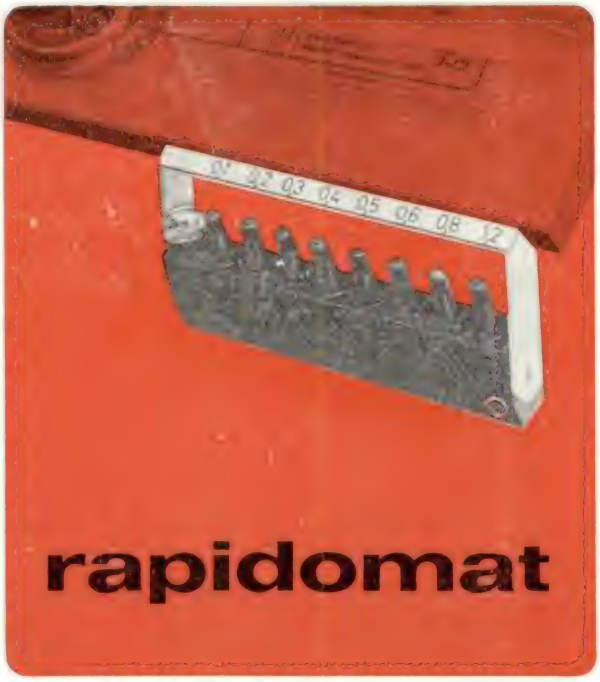
do

INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO

As oficinas pedagógicas do Instituto Superior Técnico, de CARPINTARIA DE MOLDES, de INSTRUMENTOS DE PRECISÃO, de ELECTROTÉCNICA, fornecem todo o género de material escolar de demonstração para o ensino técnico. Nos laboratórios de QUÍMICA-ANALÍTICA, FÍSICA INDUSTRIAL E DE MINERALOGIA executam-se análises para o público.

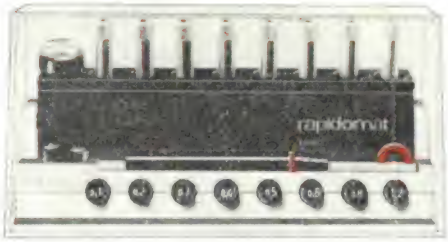
Para quaisquer informações, dirigir-se ao secretário da comissão executiva

a nova ideia



da rOtring, evidentemente
para usar com os instrumentos de desenho VARIANT e VARIOSCRIPT de ponteiras intermutáveis. O novo estojo RAPIDOMAT resolve o velho problema da secagem da tinta da china. O princípio é muito simples e, portanto, seguro: a humidade contida no RAPIDOMAT evita que a tinta seque. É a melhor de todas as soluções. Cada ponteira, com o seu depósito de tinta, tem um lugar próprio. Colocando-a no respectivo orifício do RAPIDOMAT, entra na "zona de influência" deste soluto miraculoso: H_2O! Água limpa da torneira... Uma vez por mês, deita-se mais um pouco de água no RAPIDOMAT e pode então esquecer-se o problema da tinta da china seca. Mas só se se adquirir o RAPIDOMAT — e isto é que não convém esquecer!

rotring



À venda no comércio da especialidade
Representante: ARTUR WESTHEIMER, LDA.,
Rua Maria aos Anjos, 48, r/c., Lisboa 1

Escreva-nos pedindo o prospecto n.º 9119

78

C. D. U. 631.313.32.077.6

Nouvelles recherches sur les pertes supplémentaires dans les épanouissements polaires massifes de machines synchrones — *Bratolgic Tihamir.*

Rev. Brown Boveri, t. 53 (1966) n.º 9, pág. 521-530.

C. D. U. 621.313.32.044.52.001.24

Méthode permettant de calculer avec précision le circuit magnétique des machines synchrones à rotor lisse — *Neldhöfer Gerhard et Vögele Hans.*

Rev. Brown Boveri, t. 53 (1966), n.º 6, pág. 513-520.

C. D. U. 621.313.322-81 : 539.319

Contraintes dans un cylindre circulaire mince, rigide en flexion, soumis à des charges à symétrie axiale — *Grgic Andrej.*

Rev. Brown Boveri, t. 53 (1966), n.º 9, pág. 546-560.

C. D. U. 621.313.322-81 : 621-713.1

Turboalternateurs de grande puissance refroidis exclusivement par eau — *Wiedemann Eugean.*

Rev. Brown Boveri, t. 53 (1966), n.º 9, pág. 501-512.

C. D. U. 621.313-322-82 : 621.3.043.1.004.64

Flambage des tôles de stator sous l'effet des contraintes dues aux dilatations dans les grands alternateurs pour centrales hydrauliques — *Kellenberger Walter.*

Rev. Brown Boveri, t, 53 (1966), n.º 9, pág. 538-545.

C. D. U. 621.314.632 : 621.313.2.076.7

Les thyristors en métallugie. I. La commande des moteurs à courant continu par redresseurs à thyristors — *Bingen R., Rauchs L. et Voituron S.*

Revue ACEC n.º 3-4, 1967, pág. 25-32.

C. D. U. 621.316.5.015.3 : 621.311.1

Considérations sur le problème des surtensions de manœvre dans les réseaux à très haute tension — *Glavitsch Hans.*

Rev. Brown Boveri, t. 53 (1966), n.º 4/5, p. 267-268

As sobretensões de manobra compreendem uma componente à frequência de serviço e uma componente transitória e a razão entre as duas componentes tem um valor determinado. O artigo contém definições de factores de sobre-tensão e sobre-tensões relativas.

C. D. U. 621.316.37 : 546.226'161-1

Postes blindés avec isolation SF_6 — *Hermann-Paul Szente-Varga et Frowein Egbertus-Adrianus.*

Rev. Brown Boveri, t. 53 (1966), n.º 4/5, p. 340-349.

Descreve-se uma nova solução compacta para a execução das instalações blindadas em alta tensão. Faz-se uma aplicação para 245 kV.

C. D. U. 621.316.9 : 621.316.35 : 621.38

Protection électronique des barres omnibus — *Haug Hermann et Markus Forster.*

Rev. Brown Boveri, t. 53 (1966), n.º 4/5, p. 326-339.

Este artigo descreve os princípios deste tipo de protecção e as suas vantagens.

C. D. U. 621.332.31 : 621.336.3 : 656.222.1

Captation du courant à grande vitesse, problèmes de la caténaire et du pantographe — *H. Ebeling.*

Bulletin de L'A. I. du Congrès des Chemins de Fer, 3-1968, vol. 45, n.º 3, pág. 211-245.

C. D. U. 621.333.017.71

Sur l'échauffement des moteurs de traction en service variable — *Maier Franz.*

Rev. Brown, Boveri, t. 53 (1966), n.º 8, pág. 574-589

C. D. U. 621.385.032.213.13

Processus d'activation du tantale et du platine par le thorium et la thorine — *Deák Miclos.*

Rev. Brown Boveri, t. 53 (1966), n.º 8, p. 466-468.

C. D. U. 621.385.3

La triode d'émission de grande puissance type BT 150-2 — *Rusterholz Alexander.*

Rev. Brown Boveri, t. 53 (1966), n.º 8, p. 460-465.

C. D. U. 621.385 : 621.373.026
621.385 : 621.375

Considérations sur le choix des tubes électroniques dans le cas de générateurs industriels et d'amplificateurs HF — *Zehnder Otto.*

Rev. Brown Boveri, t. 53 (1966), n.º 8, p. 455-459.

C. D. U. 621 385 : 621.373.026.001.4

Essai des tubes d'émission de grande puissance — *Egerszegi Lajos.*

Rev. Brown Boveri, t. 53 (1966), n.º 8, pág. 489-494.

Dá-se um apanhado dos métodos de ensaio e medida.

A amplitude dos meios a empregar para garantir qualidade elevada e constante é posta em relevo.

C. D. U. 621.385 : 621.791.35

Problèmes de soudage dans la construction des tubes électroniques — *Stein Hans Joachim.*

Rev. Brown Boveri, t. 53 (1966), n.º 8, p. 483-488.

C. D. U. 621.387

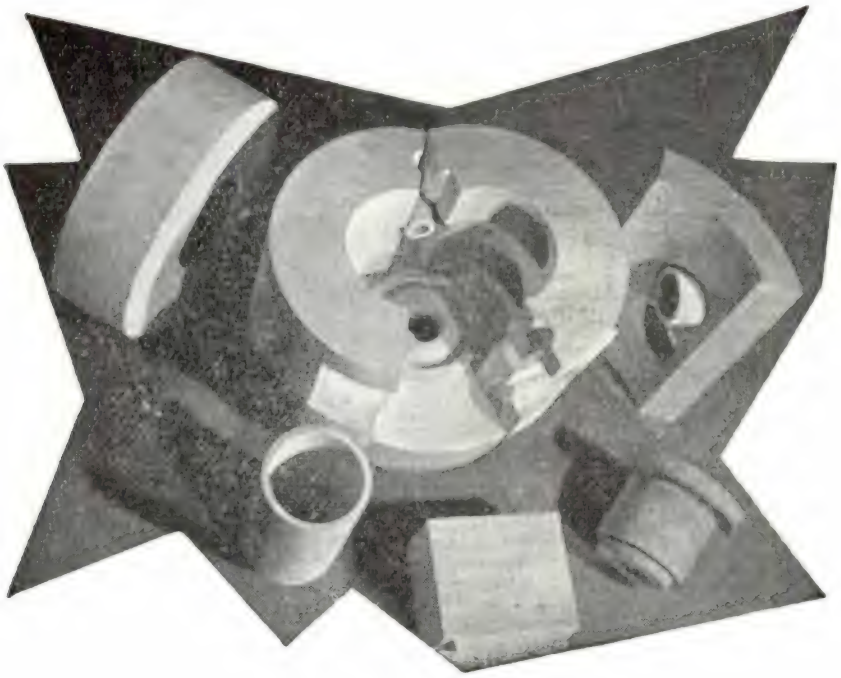
Tubes modernes à décharge gazeuse pour tensions et intensités élevées — *Patriarca Aldo.*

Rev. Brown Boveri, t. 53 (1966), n.º 8, p. 469-476.

O autor examina o modo do funcionamento e construção de válvulas rectificadoras e de «thyratrons» modernas para tensões e intensidades elevadas.

a técnica moderna emprega

BETÕES REFRACTÁRIOS



à base dos cimentos

FONDU LAFARGE

e

SECAR 250

porque são

práticos
eficientes
económicos

REFRACTÁRIOS ATÉ 1800° C
REFRACTÁRIOS ISOLANTES ATÉ 1700° C

Os nossos serviços técnicos, especializados, estão à vossa inteira disposição para estudar, sem qualquer encargo da vossa parte, a adaptação dos BETÕES REFRACTÁRIOS a todos os vossos problemas

AGUIAR & MELLO, L.DA

P. do Município, 13-1.º — LISBOA — Tel. 32 11 51/2

C. D. U. 621.387.032.24 : 537.58

Considération sur l'émission thermoélectronique de grille dans les tubes à décharge gazeuse — *Patriarca Aldo.*

O autor estuda a emissão primária de grelha em válvulas de «descarga gasosa», as causas que a determinam e as medidas tomadas para a suprimir.

Põe em evidência os seus efeitos sobre a característica de escorvamento e sobre o comportamento de tensão inversa e a sua influência sobre o dimensionamento do circuito da grelha.

C. D. U. 621.671 : 621.311.25

Les pompes centrifuges pour centrales nucléaires — *Vienne L. et Vuckovic M.*

Revue ACEC n.º 2, 1967, pág. 28-30.

C. D. U. 621.398.052.7

Les installations de télécommunication à ondes porteuses Brown Boveri dans les réseaux à courant alternatif à très haute tension et sur les lignes de transport à courant continu — *Kreis Otto et Willy Friedmann*

Os autores expõem os problemas que se põem a quando do estudo de projectos de ligações por ondas portadoras em linhas a muito alta tensão e, particularmente, o de determinação do amortecimento e do nível de ruído.

C. D. U. 621.74 043.2

Reflexão sobre a fundição injectada a baixa pressão.

Fundição, 1967, n.º 23, pág. 59.

O autor apresenta as características e as vantagens do processo de fundição a baixa pressão e compara este novo tipo de moldagem com outros: areia, coquilha por gravidade, sob pressão, «cire perdure», «au plâtre», «shell moulding». O texto finda com ideias sobre o domínio da aplicação do novo processo.

C. D. U. 621.742.45

O processo silicato de sódio — gás carbónico para o endurecimento das areias de fundição — *Eng.º Herman Dessart.*

Fundição, n.º 23, 1967, pág. 63.

Este artigo examina os factores que orientam as fundições na escolha das características das misturas areia-solução de silicato-adjuvantes.

C. D. U. 621.744

Estudo de uma ferramenta de moldação — *J. Acúrcio.*

Fundição, n.º 22, 1967, pág. 11.

O autor desta comunicação ao 2.º Congresso Nacional de Fundição apresenta um exemplo concreto da sua experiência profissional — produção de chumaceiras completas de ferro fundido cinzento — e descreve, auxiliado por desenhos, a forma como deu seguimento ao estudo da ferramenta para a moldação respectiva.

C. D. U. 621.746.7

Problemas de solidificação de peças em ferro branco — *Eng. Jorge Vasconcelos.*

Fundição, 1967, n.º 23, pág. 35.

O autor apresenta teòricamente o mecanismo da formação dos defeitos superficiais nas peças ferro-gusa branco dando uma atenção particular ao aspecto térmico da solidificação.

Como aplicação prática, o autor discute dois casos de peças cujos defeitos foram corrigidos de acordo com as ideias apresentadas; como conclusão, o texto considera que o estudo térmico das areias é um factor importante para a solução dos problemas respeitantes à solidificação.

C. D. U. 621.771-83 : 621.3.016.1

Couples et vibration mécaniques en jeu dans les équipements d'entraînement de laminoirs — *Heil Werner.*

Rev. Brown Boveri, t. 53 (1966), n.º 9, pág. 561-573.

C. D. U. 621.867.8

Teoria e cálculo del transporte neumático — *Manuel Castro Garcia — Cuelvas.*

Cemento-Hormigón, 10-967, vol. 32, n.º 403, pág. 651

- Diferentes formas de comportamento das partículas sólidas em correntes de gases
- Dados dos materiais a transportar
- Dados do gás transportador
- Leis físicas que regem o transporte neumático e lei de continuidade
- Movimento e repartição do material em tubos de transporte
- Velocidade do gás de transporte e limite de carga
- Perda de pressão
- Energia necessária para o transporte
- Cálculo de uma instalação.

C. D U. 624.022 : 624.042.4

Études aérodynamiques de batiments cloisonnés — *R. Pris.*

Anales, 12-67, n.º 240, pag. 1761

Acção do vento sobre as estruturas compartimentadas em fase de construção. Esforços alternados. Esforços sobre as fundações.

C. D. U. 624.073

Essais sur modèles réduits de dalles à goussets précontraintes — *J. Wianecki.*

Anales, 12-67, n.º 240, pág. 1729

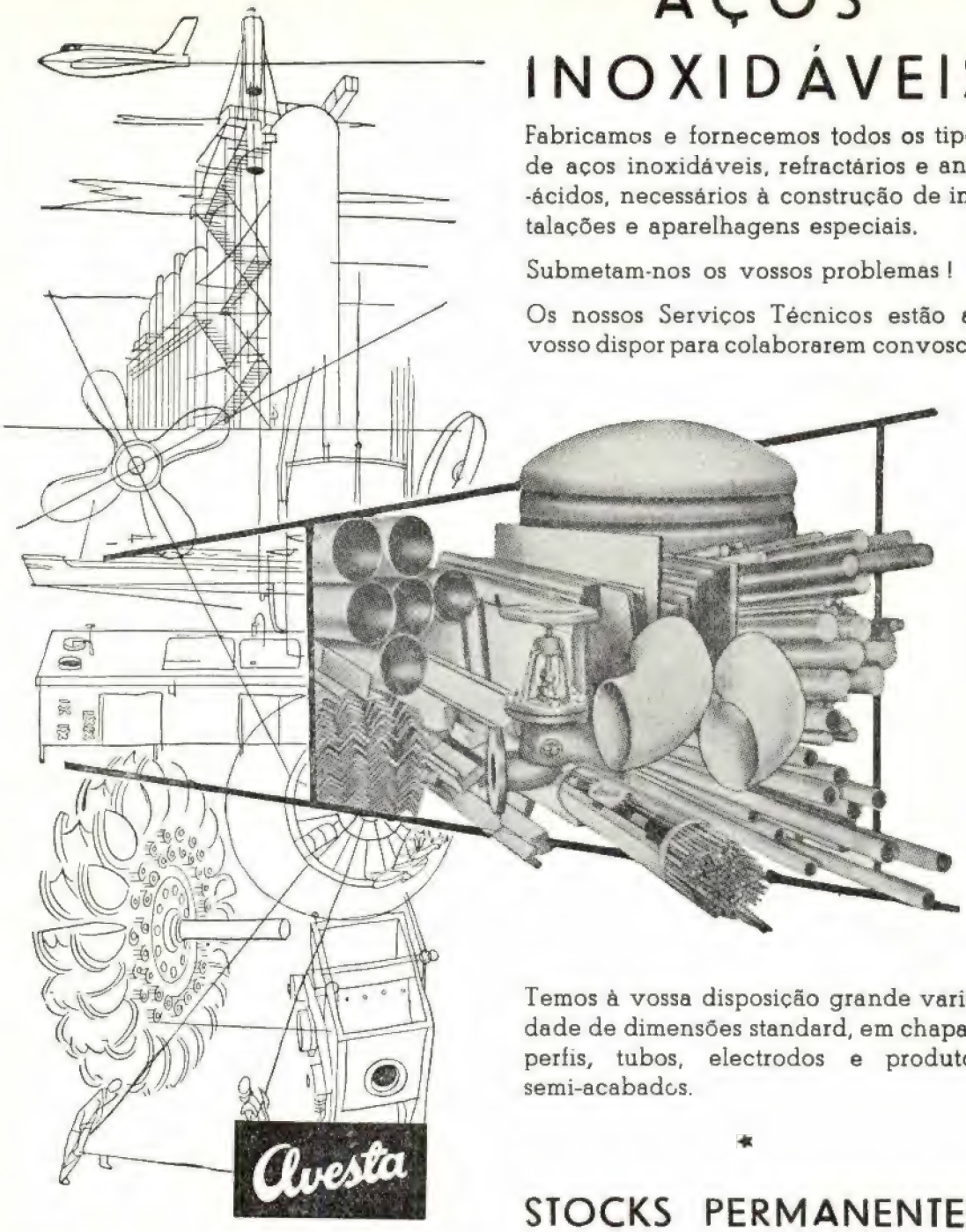
- Comportamento de lajes de goussets pré-esforçados.

AÇOS INOXIDÁVEIS

Fabricamos e fornecemos todos os tipos de aços inoxidáveis, refractários e anti-ácidos, necessários à construção de instalações e aparelhagens especiais.

Submetam-nos os vossos problemas!

Os nossos Serviços Técnicos estão ao vosso dispor para colaborarem convosco.



Temos à vossa disposição grande variedade de dimensões standard, em chapas, perfis, tubos, electrodos e produtos semi-acabados.

*

STOCKS PERMANENTES

AVESTA JERNVERKS AKTIEBOLAG
AVESTA — SUÉCIA

Representantes Exclusivos para Portugal e Ultramar:

A. JOHNSON & Co (PORTUGAL), L.DA

SEDE EM LISBOA:
Praça José Fontana, 11-1.º
Telef. 537015-537016-537017-537018

FILIAL NO PORTO:
R. Dr. António Granjo, 160/168
Telef. 54666

C. D. U. 624.131.57.43

Proprietés phisiquee et mécaniques des sols fins compactés — *M. Bouche.*

Anales, 12-67, 240, pag. 1703.

— Forças coloidais e fenómenos que elas permitem explicar
— Estudo da resistência ao corte dos solos
— Percentagem de água de compactação.

C. D. U. 624.138.31 : 620.1

Alguns resultados de ensaios de laboratório de solo-cimento com «Muceques» — *Ferreira H. N.*

Fomennto (Lisboa) 6 (1): 3-20, 1968.

Dentro de um programa geral de estudos de solo--cimento com solos de Angola, foi realizada uma primeira série de ensaios com «muceque» — solo-argiloso avermelhado — constituída pela obtenção de curvas de variação de baridade, resistência à compressão e CBR, com o teor de humidade para várias dosagens e várias energtas de compactação. Avaliaram-se as coordernadas dos máximos dessas curvas. O presente trabalho estuda essas coordenadas.

C. D. U. 625.03 : 625.2.011.12 : 656.222.1

Amélioration des qualités de roulement des voitures à incorporer dans les trains á grand confort circulant á des vitesses élevées. Bogies modernes. Evolutions techniques possibles — *J. Robert.*

Bullettn de l'A.I. du Congrés des Chemins de Fer. 3-68, vol. 15, n.º 3, pág. 247-288.

C. D. U. 625.07

Emprego das escórias de alto forno na construção de estradas. — *Olegario Llamazares Gomez.*

Revista das Obras Públicas, 11-67, n.º 3031, pág. 1189,

O autor foca as possibilidades de aproveitamento das escórias de alto forno na construção de pavimento de estradas.

C. D. U. 621.085

Analisis comparativo de los sistemas de compactation de mesclas bituminosas — *Olegario Llamazares Gomez*

Revista de Obras Públicas, 9-967, n.º 3029, pág. 1029.

Trata o problema da compactação de misturas betuminosas pelos diversos processos e sua influência na resistência e impermeabilização de pavimentos.

C. D. U. 656.61

Mecanizacion del puerto. Acceso a la mecanizacion de los agentes portuarios — *Marciano Martinez Catena.*

Revista de Obras Públicas, 12-967, n.º 3032, pág. 1289

Este artigo analisa a mecanização das instalações portuárias e trata das tendências gerais da mecanização nos portos, fazendo referência ao tranporte por contentores.

C. D. U. 669.131

Elaboração em forno eléctrico de um ferro fundido cinzento de alta qualidade, com grafite lamelar — *Dr. Remberto Rodrigues Pena.*

Fundição, 11-12, 1967, n.º 23, pág. 47.

Estuda-se a elaboração, em forno eléctrico, de um ferro fundido especial, a grafite lamelar, destinada à fabricação de blocos de motores. Expõem-se os dados bibliográficos que condicionaram a escolha das condições de elaboração, nomeadamente a composição química, a estrutura e a dureza a obter para que as peças obedeçam às características mecânicas impostas e simultâneamente tenham as resistências convenientes ao uso e ao choque térmico, e uma maquinabilidade razoável.

O artigo termina com uma exposição àcerca das propriedades obtidas com o ferro fundido que se tem vindo a tratar, fazendo uma análise aos resultados obtidos.

C. D. U. 669.132.2

Fósforo nas gusas de fundição. Sua influência sobre a vazabilidade e a qualidade das peças vazadas. Estudo micrográfico — *Eng.º Horácio Maia e Costa.*

Fundição, 11-12-67, n.º 23, pág. 19.

Considerando que o fósforo é um elemento muito comum nas gusas de fundição, o autor estuda a influência sobre a vazabilidade e a qualidade, tendo em atenção a presença de outros elementos, como o S; e o C, e à temperatura de vazamento.

O trabalho finda com o estudo microscópico de de algumas gusas fosforosas da Vila Cova do Marão.

C. D. U. 691.327.539

Efectos del árido sobre ciertas propriedades del hormigón de cemento portland — *Sandor Popovics.*

Informes de la Construcción, 1-2, 1968, n.º 197. pág. 85.

Descrição dos efeitos que têm as propriedades dos inertes sobre o comportamento do betão de cimento portland endurecido.

— Discussão dos efeitos da resistência, elasticidade, composição química, tamanho e superfície dos inertes.

— De entre as propriedades do betão endurecido, discutem-se a resistência à compressão e flexão e contracção.

EMPRESA
ELECTRO
CERÂMICA
S. A. R. L.
FABRICANTE DE
ISOLADORES PARA
EQUIPAMENTO DE
SUB-ESTAÇÕES TRANS-
FORMADORES E DE
LINHAS DE TRANS-
PORTE DE ENERGIA
EM ALTA TENSÃO
fabrica igualmente
eisoladores de baixa tensão
epequena aparelhagem eléctrica em
oaquelite e porcelana
etubo plástico "Polivoli" para pro-
tecção de condutores
amaterial em refractário especial
para aparelhos de aquecimento
DANIEL VIDAL
SEDE L. BARÃO DE QUINTELA, 3-1º LISBOA
FABRICA-CANDAL-VILA NOVA DE GAIA
EC 61·1

Uma força
criadora no domínio
da electricidade
MARCA AE 7
Grupos Electrogéneos
ASEA
centrais de emergência
Normalizados de 20 a 700 kVA. Arranque rá-
pido e seguro, alto rendimento, fácil manu-
tenção. Avarias automàticamente sinalizadas.
Entregas rápidas, assistência garantida.
ASEA ELÉCTRICA LDA.
Estrada do Prior Velho
Tel. 2511101
SACAVÉM
R. do Campo Alegre, 144
Tel. 62106/7
PORTO

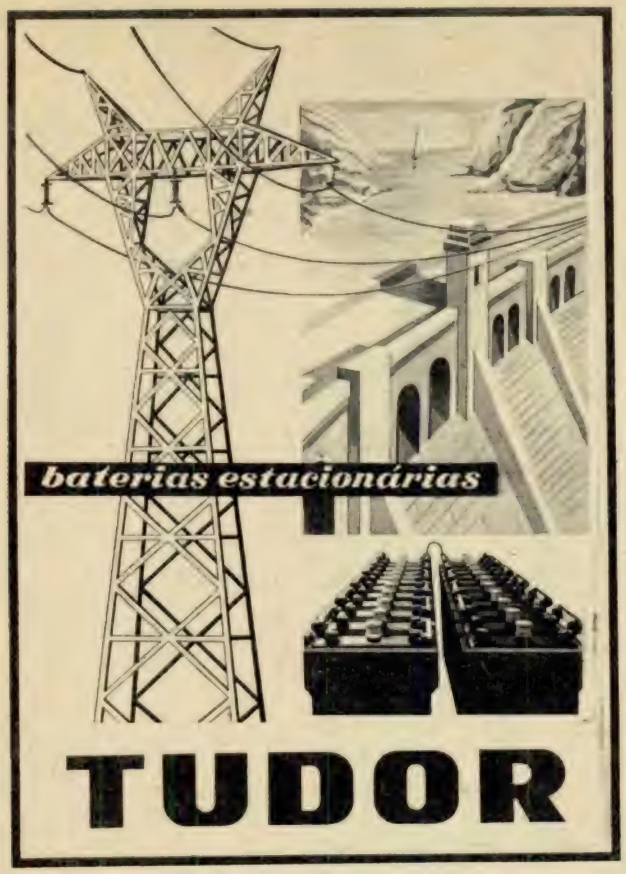
SENHORES
ARQUITECTOS
ENGENHEIROS
EMPREITEIROS
CONSTRUTORES

CALCINA

É hoje em Portugal o melhor ligante hidráulico para argamassas, rebocos e alvenarias.

Prefiram, pois, C A L C I N A

Entregas permanentes de dia e de noite nas Fábricas de Cimento "Tejo" - Alhandra e do "Cabo Mondego" - Figueira da Foz, e através da vasta rede de revendedores espalhados por todo o País



Acaba de aparecer

TOPOGRAFIA GERAL

2.º Volume

Pelo Eng.º A. C. XEREZ

Nova edição revista e actualizada

Preço 150$00

Desconto: 10% aos assinantes

Pedidos à Técnica

WABCO

WESTINGHOUSE
AIR BRAKE COMPANY

Construction Equipment Division
Peoria (Illinois) 61601

MOTO-SCRAPERS AUTO-CARREGADORES

CAPACIDADE DE 11, 21 E 31 JARDAS CÚBICAS

NÃO NECESSITA DE TRACTOR PARA EMPURRE!
UMA SÓ MÁQUINA... UM SÓ OPERADOR...

Escarifica... Carrega... Transporta... Descarrega... Em terrenos de toda a natureza!

DISTRIBUIDOR EXCLUSIVO

GUEDES & ALMEIDA LDA.

Rua Áurea, 181-2.° — LISBOA-2 — TELEFS. 32 50 80 e 32 78 45

Através das suas organizações de: LISBOA • LUANDA LOBITO • NOVA LISBOA e Agências de: PORTO, GUINÉ, S. TOMÉ E PRÍNCIPE e CABO VERDE fornecerá todos os elementos técnicos, para criteriosa escolha, assistência técnica e sobresselentes.
A1-a

LISTA CLASSIFICADA DE ANÚNCIOS

Neste número continua a «Técnica» a sua secção de publicidade — a *lista classificada de anúncios* — destinada a facilitar a procura por parte dos clientes.

Estas páginas amarelas ficam abertas aos nossos leitores, que nelas podem anunciar a sua firma e endereço, ao preço de 50$00 por número. Quanto aos nossos anunciantes, é com muito gosto que lhes concedemos grátis a inscrição na lista.

CONSTRUÇÃO CIVIL

CONSTRUTORES CIVIS

— **Construções Técnicas, Lda.**
P. do Município, 13-3.º — Tel. 36 65 06

— **Fundações Franki**
R. Braamcamp, 13-3.º — Lisboa — Tel. 73 41 12.

— **LUSOTECNA — Consultores Técnicos**
R. Padre António Vieira, 26 — Lisboa
Tel. 68 80 82 / 3.

— **Soc. Const. Amadeu Gaudencio, Ld.ª**
R. Dr. Alexandre Braga, 4-A — Lisboa
Telef. 4 31 91 — 92 — 93.

— **Soc. de Pré-Fabricação e Obras Gerais Novobra**
Av. Estados Unidos da América, 100-5.º D
— Telef. 77 48 32 / 76 64 46 — Lisboa 5

ESCAVADORAS

— **Guedes & Almeida**
Rua Aurea, 181-2.º— Tel. 32 78 45 — Lisboa 2

— **S. T. E. T. — Soc. Técnica de Equipamentos e Tractores, Ld.ª**
Prior Velho — Sacavém — Tel. 2 51 00 01/4.

FUNDAÇÕES

— **Construções Técnicas, Lda.**
Pr. do Município, 13-3.º — Tel. 36 65 06.

— **Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ld.ª**
Av. da República, 42-8.º
— Telef. 77 70 86/7 e 77 12 65 — Lisboa

— **Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações**
R. S. Pedro de Alcantara, 1 — Tel. 32 46 93 e 21 32 56 — Lisboa — Luanda — Lourenço Marques — Beira.

— **Fundações Franki, Lda.**
R. Braamcamp, 13-3.º — Lisboa — Tel. 53 41 12.

— **Johann Keller**
R. dos Bem Lembrados - Cascais — Tel. 28 01 46

— **Sondagens e Fundações, A. Cavaco, Lda.**
R. Rodrigo da Fonseca, 62-r/c — Lisboa 1
Tel. 56 11 71/72/73.

— **Sondagens Ródio**
Rua de S. Bento, 644-3.º — Lisboa
Tel. 68 80 96/7/8

— **Sopecate**
R. do Arsenal, 146, 2.º — Lisboa.
Tel. 3 40 10 - 32 02 08

IMPERMEABILIZAÇÃO

— **Empresa de Produtos Asfálticos**
R. Filipe Folque, 10-1.º — Lisboa — Tel. 73 01 56.

INSTRUMENTOS DE PRECISÃO

— **Wild Portugal, Ld.ª**
Praça das Águas Livres, 8, s/l 6 — Lisboa 2 — Tel. 68 11 27.

ISOLAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO

— **SETH, Ld.ª**
R. Filipe Folque, 10-1.º — Lisboa — Tel. 73 01 56

SONDAGENS

— **Construções Técnicas, Lda.**
Pr. do Município, 13-3.º — Tel. 36 65 06

— **Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ld.ª**
Avenida da República, 42-8.º
Telef. 77 70 86/7 e 77 12 65 — Lisboa

— **Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações**
R. S. Pedro de Alcântara, 1 — Tel. 32 46 93 e 21 13 56 — Lisboa — Luanda — Lourenço Marques — Beira.

— **Fundações Franki, Lda.**
R. Braamcamp, 13-3.º — Lisboa — Tel. 53 41 12

— **Johann Keller**
R. dos Bem Lembrados - Cascais — Tel. 28 01 46

— **Sondagens e Fundações, A. Cavaco, Lda.**
R. Rodrigo da Fonseca, 62-r/c — Lisboa 1
Tel. 56 11 71/72/73.

— **Sondagens Ródio, Ld.ª**
Rua de S. Bento, 664-3.º — Lisboa
Tel. 68 80 96/7/8.

— **Sopecate**
R. do Arsenal, 146 2.º — Lisboa.
Tel. 3 40 10 — 32 02 08

CONSTRUÇÕES METALO-MECANICAS

CONSTRUTORES METALO-MECÂNICOS

— **Construções Metalo-mecânicas MAGUE Ld.ª** — Alverca

— **Sociedade Industrial Metalúrgica**
R. de S. Tiago, 1

REPARAÇÕES E CONSTRUÇÕES NAVAIS

LISNAVE
Rocha Conde de Óbidos — Lisboa

EQUIPAMENTO ELECTRICO

— **AEG — Lusitana de Electricidade**
R. João Saraiva, 4-Tel. 71 11 71/71 40 01-Lisboa.

— **ASEA**
Estrada do Prior Velho — Tel. 251 11 01
— Sacavém
R. do Campo Alegre, 144 —Porto —Tel. 62 106/9

— **C. U. F. — Instalação Eléctrica Direcção de Aprovisionamento**
Av. Infante Santo, 2 — Lisboa.

— **Electrotécnicos Reunidos**
Avenida João XXI, 64 — Lisboa.

— **J. F. de Azevedo e Silva & C.ª, Ld.ª**
Rua S. Francisco Sales, 2, 1.º — Tel. 65 41 65
— Lisboa.

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

— **Siemens — Companhia de Electricidade**
Avenida Almirante Reis, 65
Telef. 53 69 21/0 — Lisboa

— **Soc. de Elec. Brown Boveri**
R. Sá da Bandeira, 481-2.º — Tel. 2 34 11 — Porto

— **Sociedade Michäelis de Vasconcelos, Ld. — Oerlikon**
Av. Marquês de Tomar, 94 — Lisboa.
P. da Liberdade, 114 — Porto.

— **União Eléctrica Portuguesa**
R. Alexandre Herculano, 244 — Porto.
R. Rosa Araújo, 35 — Lisboa.

BATERIAS

— **TUDOR — Soc. Port. de Acumuladores**
Av. Fontes Pereira de Melo, 12
Tel. 5 19 47 — Lisboa.

DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

— **União Eléctrica Portuguesa**
R. Alexandre Herculano, 244 — Porto.
R. Rosa Araújo, 35 — Lisboa.

ELÉCTRODOS

— **Electro-Arco, Ld.ª**
R. Silva Carvalho, 239 — Lisboa — Tel. 68 36 49.
R. do Bolhão, 216 — Porto — Tel. 2 12 77.

INSTALAÇÕES

— **ASEA**
Estrada do Prior Velho — Tel. 251 11 01
— Sacavém
R. do Campo Alegre, 144 —Porto —Tel. 62 106/9

— **Isolux, Lda.**
R. Gonçalves Crespo, 33, 3.º — Lisboa
R. de Sá da Bandeira, 551, 4.º — Porto.

— **J. F. de Azevedo e Silva & C.ª, Ld.ª**
Rua S. Francisco Sales, 2, 1.º — Tel. 65 41 65
— Lisboa.

— **J. Roma**
Praça da Figueira, 86/51/2/3 — Lx.

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35.
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

— **Siemens — Companhia de Electricidade**
Avenida Almirante Reis, 65
Telef. 65 41 65 — Lisboa.

— **Standard Electrica**
Av. da Índia — Tel. 63 81 71 — Lx.

ISOLAMENTOS

— **Empresa Electro-Cerâmica, S.A.R.L.**
L. Barão de Quintela.

SOLDADURAS

— **Electro Arco**
R. Silva Carvalho, 239 — Lisboa
R. do Bolhão, 216 — Porto

— **J. Roma**
Praça da Figueira, 86/51/2/3 — Lx.

TELECOMUNICAÇOES

— **AEG Lusitana de Electricidade**
R. João Saraiva, 4 — Tel. 71 11 71/71 40 10 — Lisboa

— **Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos, S.A.R.L.**
R. Rodrigo da Fonseca, 110, r/c — Lisboa — Tel. 68 60 72.
R. Sá da Bandeira, 766-1.º E — Porto — Tel. 2 48 18

— **Standard Electrica**
Av. Índia — Tel. 63 81 71 — Lx.

EQUIPAMENTO INDUSTRIAL

— **DEMAG — Soc. Comercial Romar**
Trav. da Galé, 9 — Tel. 63 56 70 — Lisboa.
Santa Iria de Azoia

— **Instron, Ltd.**
Halifax, Road, High Wycombe, Bucks, Inglaterra.

— **S. T. E. T. — Soc. Técnica de Equipamentos e Tratores, S. A. R. L.**
Prior Velho — Sacavem — Tel. 2510001/4.

CORRENTES

— **Auto - Lusitania**
Av. da Liberdade, 73 - 79 — Lisboa.

— **Harker Sumner**
L. do Corpo Santo, 18
Tel. 32 48 23 — Lisboa.

FELTROS

— **FANAFEL — Fábrica Nacional de Feltros Industriais**
Estrada de S. João — Ovar

TEXTEIS

— **FANAFEL — Fábrica Nacional de Feltros Industriais, Ld.ª**
Estrada de S. João — Ovar.

LIVROS TECNICOS

— **TECNICA**
Avenida Rovisco Pais — Lisboa
Tel. 77 54 49

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

AÇOS ESPECIAIS

— **A. Johnson & C.ª (Portugal), Ld.ª**
P. José Fontana, 11-1.º — Lisboa — Tel. 53 70 15/ /6/7/8.
R. Dr. António Granjo, 160/168-Porto-Tel. 5 46 69

— **Companhia Portuguesa de Trefilaria**
R. do Instituto Industrial, 18-1.º, Dt.º — Lisboa
Tel. 67 12 24/5.

— **Heliaço**
R. S. Julião, 41-4.º — Tel. 36 78 17 — Lisboa.

BETÃO

— **Companhia Portuguesa de Trefilaria**
R. do Instituto Industrial, 18-1.º, Dt.º — Lisboa
Tel. 67 12 24/5.
Lisboa 1

— **Empresa Cimentos de Leiria**
R. Braamcamp, 7 — Lisboa. — Tel. 5 91 61/66.

— **Heliaço**
R. S. Julião, 41-4.º — Tel. 36 78 17 — Lisboa.

— **Sociedade Portuguesa CAVAN**
R. de D. Estefânia, 94-A — Lisboa — Tel. 4 78 12 e 5 01 29.

CIMENTOS

— **CIBRA — Cimentos Brancos**
Tv. do Corpo Santo, 15 — Lisboa — Tel. 32 04 64.
R. do Bonjardim, 205 — Porto — Tel. 2 57 79.

— **Empresa de Cimentos de Leiria**
R. Braamcamp, 7 — Lisboa — Tel. 5 91 61/66.

— **Secil**
R. do Comércio, 156 — Lisboa 2 — Tel. 32 82 01/2/3

LOUÇAS SANITÁRIAS

— **Guedal**
Av. da República, 64-A — Tel. 77 94 30.

MATERIAIS PRÉ ESFORÇADOS

— **CERVAL — Cerâmica de Vale de Lobos, Ld.ª**
Av. Joaquim António de Aguiar, 41-5.º D.
Tel. 53 11 38 — Lisboa.

— **Soc. de Pré-fabricação e Obras Gerais Novobra, Ld.ª**
Av. E. U. da América, 100-5.º-E.
Tel. 77 48 32/76 64 46 — Lisboa.

ARTIGOS DE ESCRITÓRIO E ESCOLAR

— **J. J. Silva & Irmão, Lda.**
Rua Silva Carvalho, 232-B — Lisboa
Tel. 65 2750 / 68 06 71

— **Rotring — Representante Artur Westhelmer** — Lisboa.

— **Wild Portugal**
Praça das Águas Livres, 8-s/l.
Tel. 68 91 12 — Lisboa.

DIVERSOS

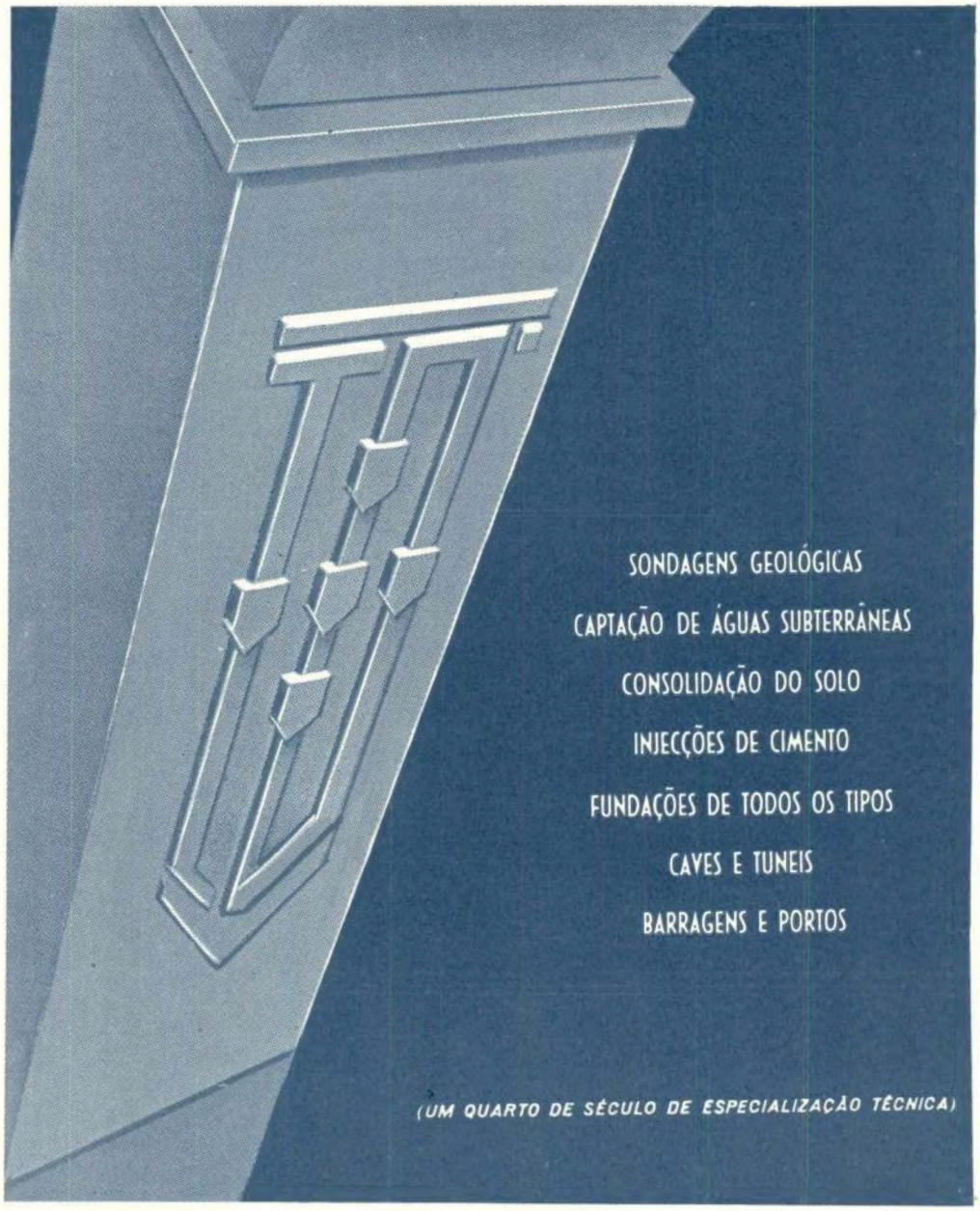
— **LUSOTECNA**
Consultores Ténicos Industriais
Rua Padre António Vieira, 26 — Lisboa.
Tel. 68 80 82/83

Empresa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

AV. DA REPÚBLICA, 42, 8.º
TELEFS. 77 70 86/7 e 77 12 65

LISBOA



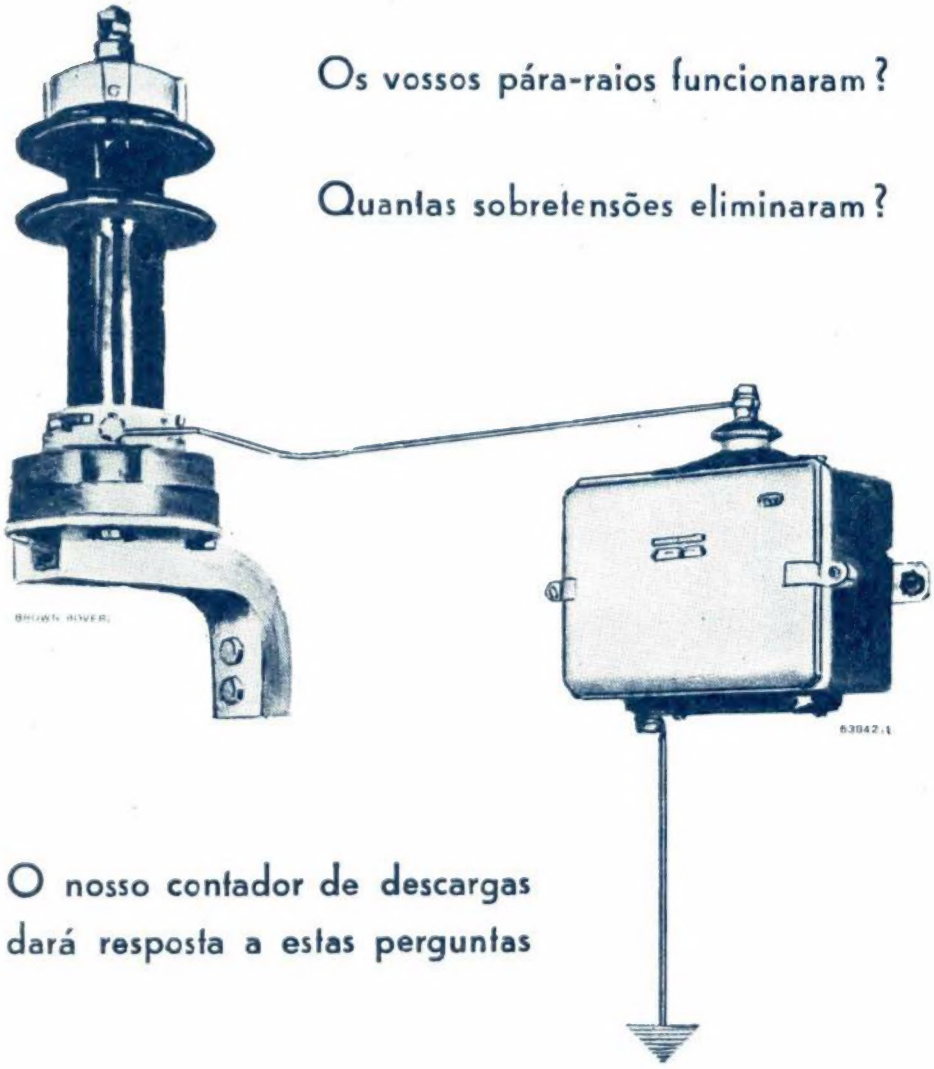
BROWN BOVERI

Pára-raios

Contadores de descargas

Os vossos pára-raios funcionaram?

Quantas sobretensões eliminaram?



O nosso contador de descargas
dará resposta a estas perguntas

Para cada problema de protecção, os nossos Serviços Técnicos podem indicar a solução mais apropriada

SOC. DE ELECT. **BROWN BOVERI**, LDA.

RUA DE SÁ DA BANDEIRA – 481-2.º TEL. 23411-PORTO